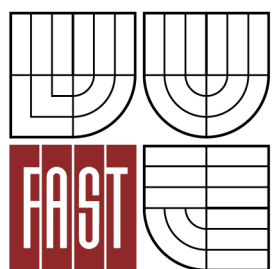




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

STUDIE OBNOVY VYBRANÉ ČÁSTI VODOVODNÍ SÍTĚ STUDY OF REHABILITATION OF SELECTED PARTS OF THE WATER NETWORK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MILOSLAV TAUŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Miloslav Tauš
Název	Studie obnovy vybrané části vodovodní sítě
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Národní a mezinárodní časopis NODIG
2. Roscher, H. a kol. Sanierung städtischer Wasserversorgungsnetze, Verlag Bauwesen, Berlin, 2000
3. Tuhovčák, L., Raclavský, J. Expertní systém pro návrh způsobu rekonstrukce vodovodních řadů. Vývoj metod modelování a řízení vodohospodářských a dopravních systémů – výsledky výzkumu v roce 1999, Sborník přednášek, FAST VUT v Brně, 2000
4. Raclavský, J., Tuhovčák, L., Valkovič, P. Báze znalostí o rekonstrukcích vodovodních řadů, Sborník SEMINÁŘ 2000 k výsledkům řešení výzkumného záměru VUT MSM 261100006, FAST VUT Brno 2000
5. Beránek, J., Raclavský, J. Střednědobé a dlouhodobé plánování sanací vodovodních řadů, Sborník – Aktuální problémy vodního hospodářství obcí, ČVUT, Praha 2001
6. Klepsatel, F., Raclavský, J. 2007. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. Bratislava: Jaga Group, s.r.o., 2007. ISBN 978-80-8076-053-3, 144 stran, 1. Vydání.
7. Normy a předpisy z dané problematiky
8. Další podklady dle pokynu vedoucího DP.

Zásady pro vypracování

Předmětem diplomové práce bude zpracování studie obnovy vybrané části vodovodní sítě. Diplomant provede rekognoskaci vodovodní sítě (stáří úseků, použitý materiál, poruchy, atd.) a vypracuje technicko-ekonomické alternativy obnovy. Při zpracování technicko-ekonomické studie alternativ obnovy bude využívat výpočtový program KANEW (TU Dresden).

Předepsané přílohy

1. Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací
2. Závěrečná zpráva sestavená dle pokynu vedoucího práce
3. Výkresová dokumentace – přehledná situace vodovodní sítě
4. Dokumentace reálného stavu vodovodní sítě - průzkum, vyhodnocení
5. Další výkresová dokumentace dle pokynu vedoucího DP

.....
doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

V rámci práce byla provedena rekognoskace vodovodní sítě města Slavkova u Brna. Součástí této rekognoskace byla analýza trubních materiálů vodovodní sítě, analýza stárí trubních úseků, posouzení ztrát vody a vyhodnocení poruchovosti. Následně bylo provedeno hodnocení technického stavu vodovodní sítě dle zvolené metodiky. Poté bylo s využitím software CARE-W LTP RSM navrženo několik technicko-ekonomických alternativ obnovy vodovodní sítě města Slavkova. Dále byl zpracován návrh obnovy konkrétního zvoleného úseku vodovodní sítě. Z práce vyplynula doporučení pro vlastníka a provozovatele vodovodní sítě města Slavkova.

ABSTRACT

Within this thesis was carried out a reconnaissance of water distribution network of the city of Slavkov u Brna. The reconnaissance consists of: age analysis of piping materials; water losses evaluation; failure rate evaluation. Then was done a condition assessment of water supply network according to a chosen methodology. Using CARE-W LTP RSM software were projected a few technical-economic alternatives of rehabilitation of water network of the city of Slavkov u Brna. Then was prepared a project of rehabilitation of chosen section of water network. The work resulted in recommendations for the owner and operator of the water network of the city of Slavkov u Brna.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obnova vodovodní sítě, potřeba obnovy, dlouhodobý plán obnovy, hodnocení technického stavu, poruchovost.

KEY WORDS

Rehabilitation of water network, rehabilitation needs, long-term rehabilitation strategy, condition assessment, failure rate.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TAUŠ, Miloslav. *Studie obnovy vybrané části vodovodní sítě*. Brno, 2011. 71 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2012

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph.D. za cenné rady, připomínky a náměty, čímž mi významně pomohl ke zpracování zadaného tématu. Dále děkuji zaměstnancům společnosti Vodovody a kanalizace Vyškov, a.s. za vstřícný přístup při získávání podkladů a informací pro tuto práci. Jmenovitě pak panu Ing. Karlu Hájkovi, výrobně-technickému náměstkovi; panu Valdemaru Lifkovi, vedoucímu střediska Slavkov; panu Pavlu Dudovi, GIS administrátorovi; panu Janu Schweidlerovi, vedoucímu vodohospodářského dispečinku a panu Bohuslavu Ostrému, vedoucímu střediska ÚV Lhota. Děkuji také Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu za bezplatné poskytnutí podkladních map použitých v této práci.

V Brně dne 13. 1. 2012

.....

podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	PRŮVODNÍ ZPRÁVA.....	4
2.1	ZAJIŠTĚNÉ PODKLADY	4
2.2	POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI	4
2.2.1	Obyvatelstvo	4
2.2.2	Občanská vybavenost.....	5
2.2.3	Průmysl	5
2.3	SYSTÉM ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU	5
2.3.1	Zdroje a úprava vody	6
2.3.2	Distribuce pitné vody	7
3	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	10
3.1	TECHNICKÝ STAV VODOVODNÍ SÍTĚ	10
3.1.1	Současné problémy vodovodní sítě.....	10
3.1.2	Materiál potrubí.....	11
3.1.3	Stáří vodovodní sítě.....	12
3.1.4	Ztráty vody.....	14
3.1.5	Poruchy na vodovodní síti	16
3.1.6	Hodnocení technického stavu vodovodní sítě	18
3.1.7	Shrnutí technického stavu vodovodní sítě.....	21
3.2	NÁVRH OPATŘENÍ	23
3.2.1	Předpověď potřeby obnovy sítě.....	25
3.2.2	Strategie obnovy dle finančních možností vlastníka sítě.....	27
3.2.3	Alternativa 1 - výměna AC potrubí.....	30
3.2.4	Alternativa 2 - průběžná obnova vodovodní sítě.....	31
3.2.5	Alternativa 3 - průběžná obnova s využitím cementace.....	33
3.2.6	Alternativa 4 - průběžná obnova s využitím cementace a nového potrubí z tvárné litiny	34
3.2.7	Do nothing scenario.....	35
3.2.8	Vyhodnocení navržených alternativ	36
3.3	NÁVRH OBNOVY VYBRANÉHO ÚSEKU VODOVODNÍ SÍTĚ	38
3.3.1	Popis zvoleného úseku.....	38
3.3.2	Metoda obnovy.....	38
3.3.3	Náhradní zásobování pitnou vodou.....	39
3.3.4	Postup prací.....	39

4	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	41
4.1	HYDRAULICKÝ MODEL SÍTĚ	41
4.1.1	<i>Použité vstupní údaje</i>	<i>41</i>
4.1.2	<i>Výstupní údaje</i>	<i>43</i>
4.2	VÝPOČET VSTUPNÍCH DAT PRO SOFTWARE EPANET	45
4.2.1	<i>Potřeba vody pro obyvatelstvo.....</i>	<i>45</i>
4.2.2	<i>Spotřeba vody velkoodběrateli.....</i>	<i>46</i>
5	ZÁVĚR	47
6	POUŽITÁ LITERATURA	49
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	52
	SEZNAM PŘÍLOH.....	53
	SUMMARY.....	54
	PŘÍLOHY	55

1 ÚVOD

Volba tématu předkládané diplomové práce vyplynula z autorova zájmu o problematiku provozu, plánování obnovy a sanací vodovodních sítí. Současně také práce navazuje na vědomosti získané při zpracování bakalářské práce „Sanace vodovodních sítí“.

Úkolem této práce je zpracování studie obnovy vybrané části vodovodní sítě, sestávající z rekognoskace vodovodní sítě (tj. posouzení stáří úseků, použitého trubního materiálu, poruch atd.) a navržení technicko-ekonomických alternativ obnovy. Za tímto účelem je provedeno zhodnocení vybraných parametrů a ukazatelů vodovodní sítě a následně provedeno hodnocení technického stavu sítě dle metodiky uvedené TUHOVČÁKEM [20]. Dále je pak provedeno posouzení vodovodní sítě na základě stáří úseků a životnosti jednotlivých trubních materiálů s využitím software CARE-W LTP RSM a následně v tomto programu navrženo několik variant obnovy. Navržené strategie obnovy mají charakter dlouhodobého plánu obnovy, což jak uvádí RACLAVSKÝ [16] znamená vytvoření koncepce provozu a údržby vodovodního systému na dobu 10 - 20 let. Délka navrhovaných strategií je zvolena 15 let.

Z výše uvedených požadavků vyplynula struktura této práce. Dvěma hlavními kapitolami jsou průvodní a technická zpráva. Další kapitolou jsou pak hydrotechnické výpočty, sloužící pro potřeby této práce. V průvodní zprávě je představeno spotřebiště a řešená vodovodní síť. Technická zpráva pak obsahuje zhodnocení vodovodní sítě, návrh několika strategií obnovy a návrh obnovy konkrétního vybraného úseku vodovodní sítě.

Pro získání podkladů potřebných ke zpracování diplomové práce byla navázána spolupráce s provozovatelem a vlastníkem vodohospodářské infrastruktury v místě bydliště autora této práce - společností Vodovody a kanalizace Vyškov, a.s. Následně byla pro tuto práci společností VaK Vyškov zvolena vodovodní síť města Slavkova u Brna.

Předpokládám, že tato práce a její závěry mohou napomoci společnosti VaK Vyškov ke zhodnocení technického stavu a k plánování obnovy vodovodní sítě města Slavkova.

2 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

2.1 ZAJIŠTĚNÉ PODKLADY

Poskytovatel VaK Vyškov, a.s.

- Topologie vodovodní sítě, názvy řadů, DN, trubní materiál - soubor aplikace ArcMap
- „OVHS Vyškov - pasport vodovodu“ - tabulka s roky uložení vodovodních řadů
- Databáze poruch - soubor aplikace MS Office Access
- Záznamy dispečinku (přítoky a odtoky z vodojemů, stav hladin VDJ, tlak před a za PRV, průtok přes PRV) - 14 souborů aplikace MS Office Excel

Poskytovatel Český úřad zeměměřický a katastrální

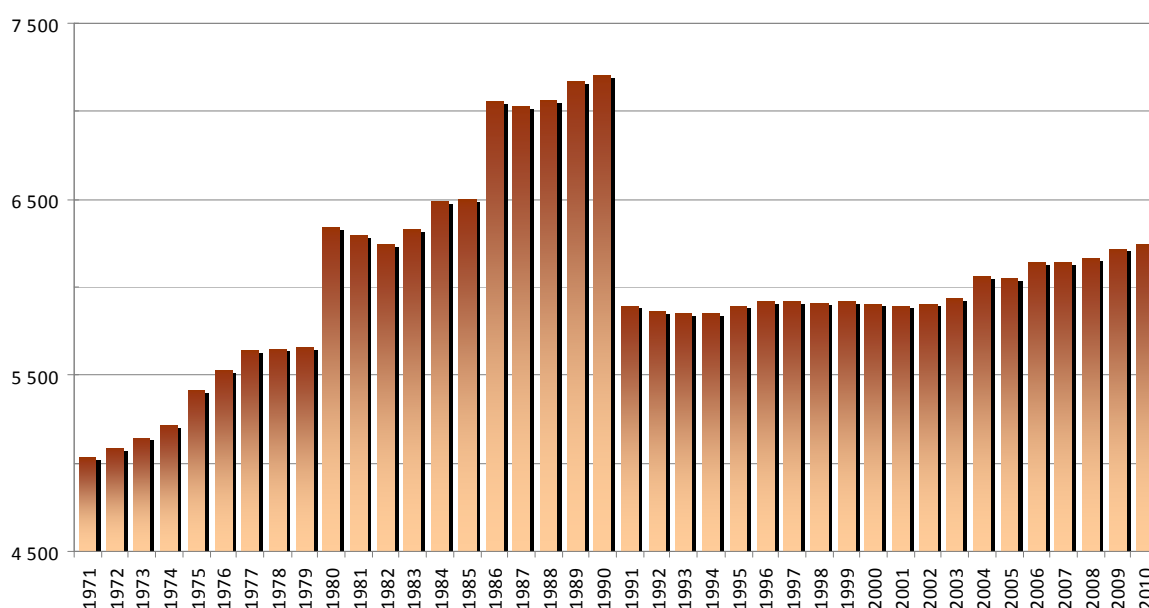
- Státní mapové dílo SM5 - soubory aplikace AutoCAD
- ZABAGED polohopis - soubory aplikace ArcMap

2.2 POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI

Řešená vodovodní síť se nachází ve městě Slavkov u Brna. Město leží v Jihomoravském kraji, v okrese Vyškov přibližně 20 km východně od Brna.

2.2.1 Obyvatelstvo

Dle Českého statistického úřadu [2] byl k 31. 12. 2010 počet obyvatel Slavkova 6 245. Počet obyvatel má dlouhodobou mírně rostoucí tendenci, tento trend zachycuje graf na Obr. 2.1. Výrazný přírůstek a úbytek počtu obyvatel byl způsoben územními změnami.



Obr. 2.1 Vývoj počtu obyvatel města Slavkova v letech 1971 - 2010

2.2.2 Občanská vybavenost

Dle Místopisného průvodce po České republice [9]: „... v obci naleznou děti školního věku dvě základní školy vyššího stupně a menší děti mají k dispozici mateřskou školu. Pro využití volného času je v obci k dispozici koupaliště, sportovní hřiště, stadion a další sportoviště. Dále se v obci nachází knihovna, kino, kostel a hřbitov. V obci Slavkov u Brna má ordinaci několik praktických lékařů a několik stomatologů, dále je zde umístěn i domov s pečovatelskou službou. Z další občanské vybavenosti je zde rovněž policejní stanice a poštovní úřad. Místní obyvatelé mohou využívat plynofikaci, kanalizaci i veřejný vodovod.“

2.2.3 Průmysl

V obci se nachází několik průmyslových zón, není zde však přítomen průmysl s významnou spotřebou procesní vody. K největším odběratelům, dle sdělení pana Valdemara Lifky, vedoucího Střediska 03 Slavkov, VaK Vyškov [7], patří:

- Lohmann & Rauscher, s.r.o. - 1500 m³/měsíc;
- Devro, s.r.o. - 1200 m³/měsíc;
- SNDI, s.r.o. - 250 m³/měsíc;
- Dialyzační středisko B. Braun Avitum Austerlitz s.r.o. - 240 m³/měsíc;
- Pekárna Herold - 200 m³/měsíc.

Uvedené hodnoty odběrů pitné vody představují přibližně průměrné odběry vycházející z měsíčních odečtů vodoměrů.

2.3 SYSTÉM ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU

Vodovodní síť je vlastněna i provozována společností VAK Vyškov, a.s. Město Slavkov je součástí skupinového vodovodu SV 601 Vyškov. Je zásobeno z tzv. "Rousínovské větve" tohoto vodovodu, jejímž zdrojem vody je vodní nádrž Opatovice. Voda z této nádrže je upravována na pitnou v úpravně vody (ÚV) Lhota. Ve Slavkově se nachází další zdroj vody. Je jím prameniště Ligary, kde se nachází tři studny o celkové vydatnosti 1,3 l/s. Zdroj však není využíván a je odstaven z provozu. Dalším, pro Slavkov nepříliš významným, zdrojem je prameniště Rašovice, kde se nacházejí dva jímací zářezy o celkové vydatnosti 2,0 l/s. Prameniště Rašovice zásobuje obce Rašovice, Křižanovice a Hodějice, v případě dobré

vydatnosti se podílí na přítoku do VDJ Slavkov I. V opačném případě jsou zmíněné obce zásobeny z tohoto vodojemu.

2.3.1 Zdroje a úprava vody

Vodní nádrž Opatovice byla vybudována na řece Malé Hané a byla uvedena do provozu v roce 1972. Celkový objem nádrže je 9,867 mil. m³ a zatopená plocha 70,51 ha. Hráz nádrže je sypaná kamenohlinitá se středním hlinitým těsněním. Kóta koruny hráze je 335,1 m n.m. a kóta maximální hladiny je 333,4 m n.m. Hloubka vody u hráze je 36 m. Účelem nádrže je akumulace vody pro vodárenský odběr pro skupinový vodovod Vyškov a trvalé zajištění minimálního průtoku. [12]

Surová voda z vodní nádrže Opatovice je upravována v ÚV Lhota o výkonu 120 l/s. Surová voda je přiváděna na úpravnu gravitačně. V zimním období klesá teplota vody až na 4°C, což přináší výhodu nižší aktivity mikroorganismů. Nevýhodou však je zhoršené vytváření vloček. V zimním období je proto do surové vody dávkován koagulant polyaluminiumchlorid (PAX-18) namísto síranu hlinitého. Dávkování probíhá na přítoku surové vody, voda dále pokračuje do žlabu, kde dochází k hydraulickému míchání průtokem vody přes děrované stěny. Následují 4 čířiče s mechanickým vznosem vločkového mraku. Jedná se o nádrže obdélníkového půdorysu s příčným řezem ve spodní části zúženým do tvaru nálevky. Vznos mraku je zajištěn podélným kyvadlovým pádlem. Kal přepadá okny v boční stěně do kalového prostoru a vyčiřená voda je odváděna přelivnými žlaby na filtry.

Filtrace je zajištěna 5 otevřenými evropskými rychlofiltry. Filtrační náplň je tvořena pískem a granulovaným uhlím zrna 4 mm, které zvyšuje kalovou kapacitu filtru. Původně byly filtry opatřeny mezidnem, nyní je použito pevného dna s plastovým drenážním systémem. Vodárenské kaly jsou po odsazení vypouštěny do kanalizace. Upravená voda je po hygienickém zabezpečení s využitím plynného chloru akumulována v akumulační nádrži o objemu 1460 m³. V areálu úpravny se nachází zemní vodojem (VDJ) o akumulaci 2x2500 m³ (315,50 m n.m.). Kvalitu upravené vody z vodní nádrže Opatovice popisuje tabulka 2.1. Informace o úpravě vody na ÚV Lhota laskavě poskytnul ústním sdělením pan Bohuslav Ostrý, vedoucí střediska Úpravna vody Lhota, VaK Vyškov [10].

Tab. 2.1 Kvalita vody na výstupu z ÚV Lhota k 3. 10. 2011, zdroj [24]

Položka	Jednotka	Limit - vyhl. 252/04 Sb.	Naměřená hodnota
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	0
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	0	0
Enterokoky	KTJ/100ml	0	0
Počty kolonií při 36°C	KTJ/1ml	20	0
Počty kolonií při 22°C	KTJ/1ml	200	0
Barva	mg Pt/l	20	<3
Zákal	ZFn	5	0,1
pH reakce vody		6.5 - 9.5	7,58
Elektr. konduktivita	mS/m	125	34,6
Celková mineralizace	mg/l		250
Chlór aktivní	mg/l	0.05 - 0.3	0,29
CHSK manganistanem	mg/l	3	2,46
Tvrdost (Ca+Mg)	mmol/l	Dop. 2-3.5	1,42
Tvrdost (Ca+Mg)	°N	Dop.11-20	7,95
Vápník	mg/l	Dop.40-80	44,8
Hořčík	mg/l	Dop.20-30	7,3
Železo	mg/l	0,2	0,005
Mangan	mg/l	0,05	0,007
Amonné ionty	mg/l	0,5	<0,02
Chloridy	mg/l	100	18,1
Sírany	mg/l	250	47,0
Dusitany	mg/l	0,5	<0.005
Dusičnany	mg/l	50	22,4

2.3.2 Distribuce pitné vody

Slavkov je zásobován ze dvou vodojemů a to VDJ Slavkov I a VDJ Slavkov III. Nátok do vodojemu Slavkov I je realizován přítokem z vodojemu Slavkov III a při dostatečné vydatnosti i přítokem z prameniště Rašovice. VDJ Slavkov III je dotován z tzv. "Rousínovské větve" skupinového vodovodu SV 601 Vyškov. Tato větev je tvořena výtlakem DN 300 z VDJ na ÚV Lhota do VDJ Opatovice 2x400 m³ (355,00 m n.m.). Dále pokračuje gravitačně přes obce Luleč a Nemojany do VDJ Rousínov 2x650 m³ (305,00 m n.m.) a odtud stále gravitačně potrubím DN 300 do VDJ Slavkov III 2x650 m³ (269,00 m n.m.) a poté dále do VDJ Zbyšov 2x250 m³ (250,00 m n.m.) a VDJ Otnice 2x250 m³ (255,00 m n.m.) [12]. Obr. 2.2. schematicky znázorňuje hlavní větve SV 601 Vyškov zásobené z vodního díla Opatovice.

Vodovodní síť Slavkova je rozdělena na dvě tlaková pásma označovaná jako "horní" a "dolní" tlakové pásmo. Seznam jednotlivých úseků vodovodní sítě představuje Příloha 1.



Horní tlakové pásmo

Horní tlakové pásmo je tvořeno vodojemem Slavkov III a vodovodní sítí zásobující severní část města, tedy ulice Malinovského, Kaunicova, Jiráskova, Tyršova, Sušilova, menší ulice k nim přilehlé a dále sídliště Zlatá Hora.

Z VDJ Slavkov III (269,00 m n.m.) vychází řad "A" tvořený litinovým potrubím DN 200 o délce přibližně 1720 metrů, který do Slavkova vstupuje v ulici Malinovského. Zde z řadu "A" odbočují severním směrem řad "3" DN 150 (Kaunicova, Příční), řad "4" DN 100 (Jiráskova), řad "5" DN 100 (Jiráskova) a řad "6" (ul. Tyršova). V ulici Tyršova se napojuje řad "7" DN 150 procházející ulicí Sušilova a Zlatá Hora, který poté přechází v řad "B" DN 150 a zajišťuje přítok do vodojemu Slavkov I 2x150 m³ (247,80 m n.m.). Z vodojemu Slavkov I je zásobeno několik dalších obcí v okolí. Při VDJ Slavkov I se nachází čerpací stanice, kterou je voda dopravována do vodojemu v obci Němčany. Nad vodojemem Slavkov I se nachází VDJ Slavkov II, který je však odstaven z provozu.

Dolní tlakové pásmo

Zbývající část Slavkova se nachází v dolním tlakovém pásmu. Jedná se tedy o centrum města jižně od ulice Malinovského v okolí Palackého náměstí, ulici Lidickou, Bučovickou, Slovanskou, Špitálskou a ulici Československé armády a ostatní ulice k nim přilehlé.

Dolní tlakové pásmo je zásobováno ze dvou míst. Primárně probíhá zásobování z VDJ Slavkov I. V okamžicích zvýšené spotřeby vody je dolní tlakové pásmo zásobeno také řadem "1" DN 150, který je napojen na řad "A" v ulici Malinovského přes tlakově redukční ventil. Tlak je redukován přibližně o 20 m v. sl. Přívodním řadem pro dolní tlakové pásmo z VDJ Slavkov I je řad "A" z litiny DN 175, vstupující do Slavkova ulicí Čelakovského. Zde se potrubí rozděluje a jako řad "A" DN 150 (následně řad "9" DN 150) a řad "2" DN 150 obchází blok ulic Čelakovského - Bučovická - Smetanova. V ulici Lidická se řady spojují a jako řad "2" DN 150 se spojují s řadem "1" DN 150, který se táhne od ulice Malinovského jižním směrem ulicemi Kollárova, Palackého náměstí a Československé armády až na jižní okraj Slavkova. Ze zmíněných řadů odbočují další řady převážně DN 100 zásobující ostatní ulice.

3 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1 TECHNICKÝ STAV VODOVODNÍ SÍTĚ

Vodovodní síť města byla budována od roku 1931. Nachází se zde stále několik původních úseků z šedé litiny. Zastoupení trubních materiálů, stejně jako stáří potrubí je velmi rozmanité.

3.1.1 Současné problémy vodovodní sítě

Jako největší nedostatek vodovodní sítě města Slavkova vnímá pan Lifka [7] přítomnost vodovodního potrubí z azbestocementu (cca 4,6 km). Dále uvádí poruchovost potrubí z PVC, kde na potrubí vznikají podélné trhliny a poruchy jsou tudíž obtížně opravitelné. Z hlediska hydraulického popisuje problémy s nízkým hydrodynamickým tlakem v dolním tlakovém pásmu v oblasti bytové výstavby na ulici Polní. K těmto problémům údajně dochází v časech zvýšené spotřeby vody. Významné přerušení dodávek pitné vody se odehrálo pouze v roce 2010, kdy došlo k havarii příváděcího řadu.

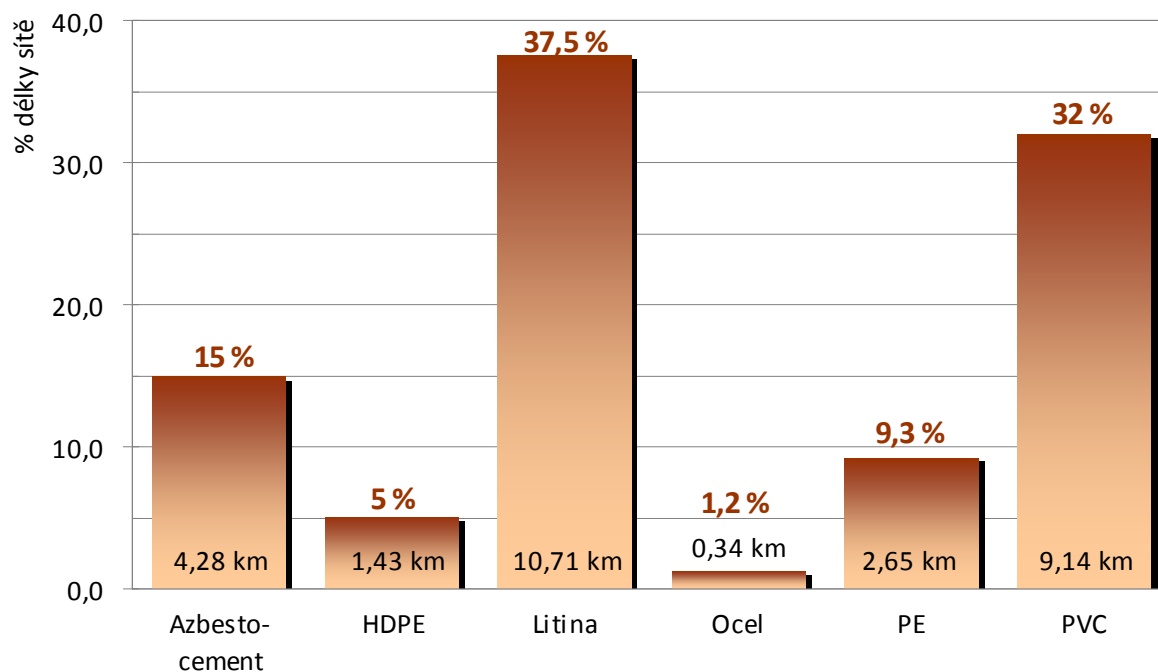
Havárie hlavního přívaděče

V sobotu dne 12. června 2010 došlo k poruše na hlavním přívodním řadu slavkovské větve skupinového vodovodu Vyškov. Oprava podélné trhliny litinového potrubí DN 300 trvala po zbytek víkendu. Vzhledem k vysoké spotřebě vody, představující 150 % průměrné denní spotřeby, došlo k rychlému vyčerpání akumulčních objemů vodojemů a 14 obcí se tak ocitlo bez dodávky pitné vody. Náhradní zásobování obyvatel bylo zajištěno cisternami, ty byly staženy až v pondělních dopoledních hodinách. Domnělou příčinou rychlého vyčerpání vodojemů bylo zvýšení spotřeby vody vlivem napouštění soukromých bazénů. Situaci popsal Vyškovský deník [5].

Jak uvádí pan Lifka [7], problém závislosti zásobování vodou na jediném přívaděči má vyřešit tzv. "Vodovod střed", jehož výstavba má být zahájena v příštím roce. Bude se jednat o litinové potrubí DN 250 spojující bučovickou a slavkovskou větev skupinového vodovodu SV 601 Vyškov. Vodovodní řad bude přiveden z VDJ Bohdalice do vodojemu Slavkov II, který je nyní pro netěsnost a nevyužití odstaven z provozu, na jeho místě však bude vybudován vodojem nový.

3.1.2 Materiál potrubí

Ve vodovodní síti města je zastoupena poměrně široká škála trubních materiálů. Jedná se o materiály: azbestocement, vysokohustotní polyetylen HDPE, litina, ocel, lineární polyetylen PE a neměkčený polyvinylchlorid PVC. Nejvíce zastoupeným materiálem je litina o celkové délce 10,71 km, tj. 37,5 % vodovodní sítě, která se zde vyskytuje v profilech od DN 50 do DN 200. Zajímavostí zde je atypický profil litinového potrubí DN 175 z roku 1932. Druhým nejvíce zastoupeným materiálem je PVC o celkové délce 9,14 km, představující 32 % délky vodovodní sítě města. Úseky potrubí z azbestocementu (osinkocementu) mají celkovou délku 4,28 km a představují tak 15 % délky vodovodní sítě. Azbestocementové trouby se ve vodovodní síti města vyskytují v profilech DN 100 a DN 150. Úseky potrubí z polyetylenu mají délku 2,65 km, což je 9,3 % vodovodní sítě. Menší zastoupení je patrné u trub z HDPE. Ve vodovodní síti Slavkova se nachází pouze několik úseků z tohoto materiálu o celkové délce 1,43 km., tj. 5 % sítě. Nejméně zastoupeným trubním materiálem je ocel. Jedná se pouze o část řadu 1-9 délky 344 m, představující 1,2 % vodovodní sítě. Procentuální vyjádření vychází pouze z délky vodovodní sítě, která je v současné době v provozu, tj. 28,55 km. Do celkové délky vodovodní sítě tedy nejsou zahrnuty úseky odstavené z provozu, ty mají délku přibližně 2 km. Jedná se o přírodní řad 1-12 z nevyužívaného prameniště Ligary a řady související s odstaveným vodojemem Slavkov II.



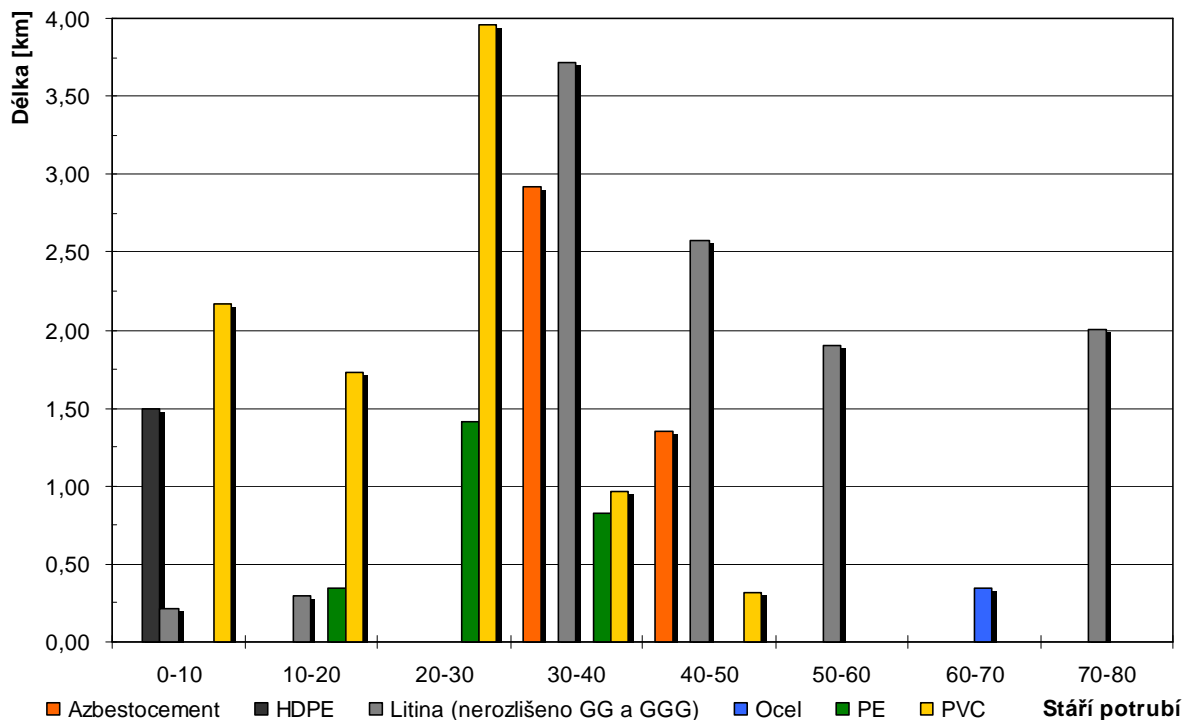
Obr. 3.1 Zastoupení trubních materiálů vodovodní sítě města Slavkova

Problematickým je zejména potrubí z azbestocementu. Vodovodní síť města obsahuje celkem 4 646 m potrubí z tohoto materiálu, z toho je úsek o délce 371 m odstaven z provozu. V provozu tedy nadále zůstává 4 275 m a to 3 328 m profilu DN 100 a 947 m profilu DN 150. KUBEŠ [6] uvádí, že samotná doprava vody tímto potrubím nepřináší žádná zdravotní rizika. Není totiž prokázáno, že by příjem azbestu pitnou vodou představoval pro člověka zdravotní riziko. Obsah azbestových vláken v pitné vodě není limitován ani vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Problém však spočívá v manipulaci s tímto materiálem. Potrubí je třeba opravovat, navrtávat pro vodovodní přípojky a vyměňovat. Při všech těchto operacích vzniká pro pracovníky zdravotní riziko. Jak KUBEŠ [6] dále uvádí, drobná vlákna můžou být při těchto činnostech pracovníky vdechována a zůstávají dlouhodobě v plicích. Vlákna nejsou organismem vstřebána ani odplavena a dochází ke vzniku tzv. azbestózy často končící nádorovým onemocněním. Riziko je mimořádně vysoké. Proto se na práci s azbestem vztahují některá ustanovení zákoníku práce a zákon o ochraně veřejného zdraví, dále dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech je azbest klasifikován jako nebezpečný odpad. Jak uvádí KUBEŠ [6], s ohledem na značné zdravotní riziko, dosažení hranice životnosti a z důvodu praktické neopravitelnosti je nutno programově nahradit vodovodní řady z azbestocementu za jiný trubicí materiál. Autor článku dále uvádí, že na výměnu azbestocementového potrubí je možné získat finanční podporu z programu 329 030 Ministerstva zemědělství. Jedním ze zaměření tohoto programu byla výměna vodovodního azbestocementového potrubí za potrubí z materiálů, které lze použít v souladu se zákonem č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Tento program byl však ukončen v roce 2005 a postupně nahrazen novými programy. Aktuálně programem 129 180 „Výstavba a obnova infrastruktury vodovodů a kanalizací II“, který se ale přímo o finančních dotacích na výměnu vodovodního azbestocementového potrubí nezmiňuje [11].

3.1.3 Stáří vodovodní sítě

Počátky budování vodovodu města Slavkova sahají do roku 1931. V tomto roce byl položen i nejstarší dosud provozovaný úsek litinového potrubí DN 150 délky cca 425 metrů. Budování sítě pokračovalo v roce 1932. V provozu je přes 1,5 km litinových řadů převážně DN 80 uložených v tomto roce, včetně řadu s atypickým profilem DN 175. Ze 40. let 20. století nepochází žádný řad. V 50. letech bylo vybudováno 1,7 km vodovodních řadů, v 60. letech pak 2,7 km. Největší objem výstavby či výměny potrubí proběhl v 70. letech a to

v množství 10 km. V 80. letech objem výstavby a obnovy klesl na 5,8 km, v 90. letech pak na 1,8 km. V letech 2000 - 2010 sledujeme opět zvýšení na 4,4 km. Rozdělení vodovodní sítě Slavkova dle materiálu a stáří zachycuje graf na obrázku 3.2. Potrubí z šedé a tvárné litiny není pro velice malé zastoupení tvárné litiny rozlišováno.



Obr. 3.2 Stáří vodovodní sítě města Slavkova dle materiálu

V tabulce 3.1 jsou uvedeny teoretické životnosti vybraných trubních materiálů vodovodních sítí. Pokud tabulku 3.1 srovnáme s tabulkou 3.2, která zachycuje délky potrubí daného materiálu a daného stáří, lze odhadnout jaká část sítě překračuje hranici teoretické životnosti nebo se k ní blíží. Je patrné, že za hranicí teoretické životnosti se nachází 4,28 km potrubí z azbestocementu, jehož problematika je krátce popsána v kapitole 3.1.2, a dále 340 m potrubí ocelového. K hranici teoretické životnosti se přibližuje i cca 800 m PE potrubí a cca 1300 m potrubí z PVC. Celkem se tedy okolo hranice teoretické životnosti pohybuje 6,72 km vodovodního potrubí.

Tab. 3.1 Životnost trubních materiálů, zdroj: TUHOVČÁK [22]

Trubní materiál	Dolní a horní hranice teoretické životnosti
[-]	[roky]
Azbestocement	20 - 35
Ocel	25 - 40
Plasty	40 - 60
Šedá litina	60 - 90
Tvárná litina	80 - 110

Tab. 3.2 Délka potrubí dle stáří a materiálu

Materiál Stáří	AC	HDPE	LT	O	PE	PVC	Σ
[roky]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]
0-10	0,00	1,50	0,21	0,00	0,00	2,17	3,87
10-20	0,00	0,00	0,29	0,00	0,35	1,74	2,37
20-30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42	3,96	5,38
30-40	2,92	0,00	3,71	0,00	0,82	0,97	8,42
40-50	1,35	0,00	2,58	0,00	0,00	0,31	4,25
50-60	0,00	0,00	1,91	0,00	0,00	0,00	1,91
60-70	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34
70-80	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,00

3.1.4 Ztráty vody

Posouzením ztrát vody vykazovaných vodovodní sítí lze usuzovat na technický stav této sítě. Vzhledem k omezenému množství informací o ztrátách vody v dané vodovodní síti bude dále provedeno pouze elementární zhodnocení ztrát vody. Hodnocení vychází z těchto podkladů: VaK Vyškov [7] uvádí množství vody vyrobené (VVR) pro město Slavkov 335 745 m³/rok, z toho voda fakturovaná celkem (VFC) činí cca 300 000 m³/rok. Počet odběrných míst na vodovodní síti je 1657, uvedl pan Pavel Duda, GIS administrátor VaK Vyškov, a.s.

Základní ukazatele ztrát vody popisuje TUHOVČÁK [20]. Řadí sem ukazatele:

- procento vody nefakturované – VNF;
- jednotkový únik - JUVNF;
- Voda nefakturovaná na přípojku - VNFP;
- Počet poruch na km - P;
- Infrastructure Leakage Index – ILI.

Rešerše ukazatelů ztrát vody je nad rámec náplně této práce, tudíž budou dále v textu popsány a použity pouze ukazatele, pro jejichž výpočet jsou dostupné informace o vodovodní síti města Slavkova.

Procento vody nefakturované - VNF

Procento vody nefakturované (VNF) určíme pomocí vztahu:

$$VNF = \frac{VNF_{celk}}{VVR} \cdot 100 \quad [\%].$$

Kde VNF_{celk} je objem vody nefakturované a VVR voda vyrobena k realizaci. Jde o nejčastěji používaný ukazatel v ČR. Jeho jednoduché stanovení a nízká náročnost na vstupní data je vyvážena malou vypovídací schopností o technickém stavu sítě [20]. Pro vodovodní síť města Slavkova lze tedy určit procento vody nefakturované dle následujícího výpočtu:

$$VNF = \frac{VVR - VFC}{VVR} \cdot 100 = \frac{335745 - 300000}{335745} \cdot 100 = 10,6\%$$

Kde VFC je voda fakturovaná celkem. Dle metodiky hodnocení technického stavu vodovodních sítí, kterou zmiňuje TUHOVČÁK [22], spadá hodnota 10,6 % do kategorie "dobrá" na škále "velmi dobrá - dobrá - průměrná - kritická - velmi kritická".

Jednotkový únik - JUVNF

Přesnějším kritériem pro hodnocení technického stavu sítě z pohledu ztrát vody je, jak uvádí TUHOVČÁK [20], jednotkový únik. Je to "*objem vody nefakturované unikající z km přepočtené délky sítě za rok vyjádřený v m³ na km za rok*". JUVNF vypočteme dle vztahů:

$$JUVNF = \frac{VNF}{L_{pře}} \quad [m^3 / km / rok]$$

$$L_{pře} = K_i \cdot L_i \quad [km]$$

$$K_i = \frac{DN_i}{DN_{150}} \quad [-],$$

kde $L_{pře}$ je přepočtená délka sítě [km] na jednotný profil DN 150, L_i je skutečná délka sítě [km] se stejným DN, K_i je koeficient pro přepočet délky řadů [-]. Přepočtená délka sítě města Slavkova je 24,16 km, JUVNF pak vychází 1480 m³/km/rok, což je dle výše zmíněné metodiky "velmi dobrá" hodnota.

Voda nefakturovaná na přípojku - VNFP

Ukazatel VNFP opět popisuje TUHOVČÁK [20]. Ukazatel voda nefakturovaná na přípojku je používán zejména v anglosaských zemích. V našich podmínkách může docházet ke značným rozdílům a zkreslením v případě sídlištní zástavby. VNFP se počítá z celkového množství vody nefakturované a počtu vodovodních přípojek dle vztahu:

$$VNFP = \frac{VNF_{celk} \cdot 10^3}{PP \cdot 365} \quad [l / přípojku / den],$$

kde VNF_{celk} je voda nefakturovaná celkem [m³/rok] a PP je počet přípojek. Pro síť města Slavkova se pak VNFP následujícím výpočtem:

$$VNFP = \frac{35745 \cdot 10^3}{1657 \cdot 365} = 59 \quad l / přípojku / den.$$

Při srovnávací studii zmiňované v [22] dosahoval ukazatel VNFP hodnot v rozmezí 135 až 980 l/přípojku/den. Hodnotu 59 l/přípojku/den lze tedy označit za velmi dobrou.

3.1.5 Poruchy na vodovodní síti

Jak TUHOVČÁK [22] uvádí: „*Evidence a vyhodnocování poruch musí patřit k základním provozním činnostem provozovatele vodovodní sítě.*“ Elektronická databáze poruch společnosti VaK Vyškov je vedena od roku 2008. Pro analýzu vodovodní sítě města Slavkova poskytl provozovatel databázi poruch čítající 43 záznamů za období cca 3,5 roku od 5. 1. 2008 do 27. 6. 2011. Z celkového počtu 43 poruch bylo 34 na potrubí, 2 poruchy na hydrantu, 2 na přípojce pro atletický stadion a 5 poruch na přípojkovém pasu. Vzhledem k malému výskytu poruch mimo potrubí, byly vyhodnoceny poruchy souhrnně, pouze s vyloučením poruch na vodovodní přípojce atletického stadionu.

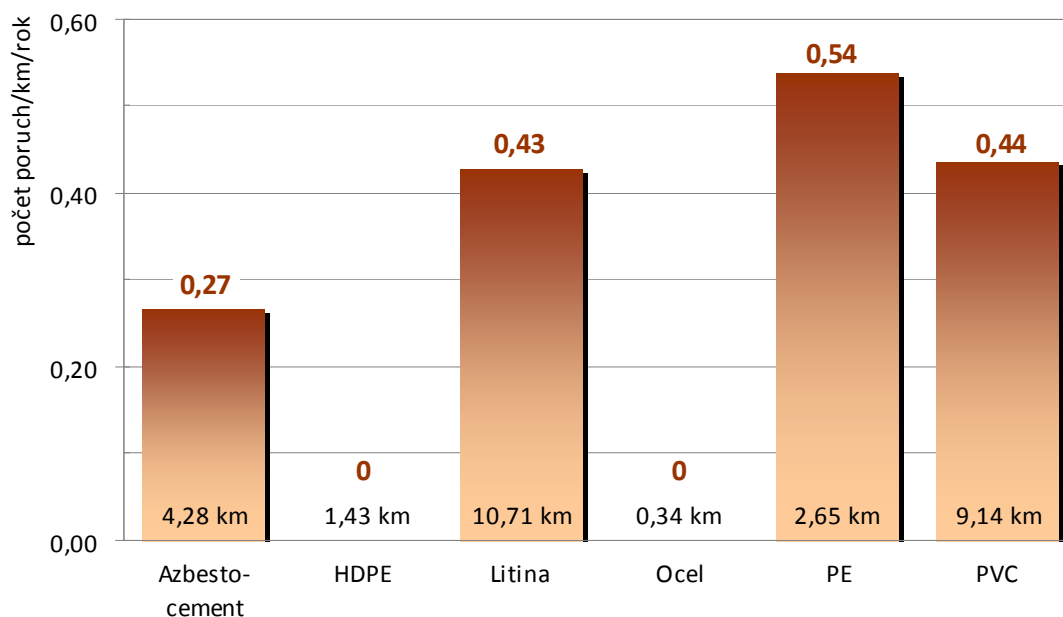
Poruchovost

Výstupem analýzy poruch je poruchovost (četnost poruch), tj. počet poruch vztažený na jednotku délky a časové období (rok), jak ji definuje TUHOVČÁK [22]. Jednotkou poruchovosti je počet poruch na 1 km sítě za rok nebo počet poruch na 100 km za rok, v této práci je použita jednotka počet poruch/km/rok.

Vodovodní síť byla rozdělena na úseky dle trubních materiálů, stáří a DN a pro jednotlivé úseky byla určena poruchovost. Za jeden úsek pro tento výpočet bylo považováno potrubí zjevně spolu související, stejného DN, stejného trubního materiálu a stejného roku uložení. Pro zjednodušení nebyla poruchovost vyhodnocována po jednotlivých letech, ale byla vyhodnocena celkově za období 3,5 roku a přepočtena na jednotku počet poruch na 1 km za jeden rok. Poruchovost vodovodní sítě Slavkova dle jednotlivých trubních materiálů představuje graf na Obr. 3.3. Hodnoty poruchovosti pod 0,2 poruch/km/rok lze označit za velmi dobré, hodnoty od 0,3 do 0,5 poruch/km/rok průměrné a hodnoty od 0,5 do 0,8 poruch/km/rok jako kritické [22].

Vyhledávání poruch

Společnost Vodovody a kanalizace Vyškov, a.s. se aktivně zabývá vyhledáváním poruch a úniků vody. Na dispečinku společnosti probíhá sledování minimálních nočních průtoků. Jak uvádí pan Lifka [7]: „*Používáme vlastní půdní mikrofony, korelátor a najímáme si firmu Radeton na korelaci zařízením Enigma. Ve vyhledávání máme 98% úspěšnost s přesností do 1m, množství úniku vody do poruchy určuje dispečink dle nočních odtoků nebo nastavených denních maximálních odtoků do spotřebiště.*“



Obr. 3.3 Vyhodnocení poruch dle trubního materiálu

Přístroj Enigma společnosti Radeton [17] umožňuje vyhledávání skrytých úniků vody. Přístroj používá více korelačních senzorů, které se osazují na síť a korelují mezi sebou. Díky tomu je možné jeden únik změřit z více bodů během jednoho měření. Senzory se naprogramují pomocí PC nebo notebooku v terénu, poté se osadí a po skončení měření se data stáhnou zpět do PC, kde je lze buď analyzovat a určit polohu úniků, nebo jen určit mezi kterými senzory se úniky nacházejí či kolik se jich v měřené oblasti vyskytuje. Přístroj funguje se dvěma senzory, kdy poskytuje jednu korelaci, mnohem většího účinku je dosaženo, pokud se použije kompletní sada osmi senzorů, kdy Enigma provede 28 korelací při jednom měření. Křížová korelace přináší možnost potvrzení úniku z různých korelačních kombinací, odhalení nesprávného zadání detailů potrubí, což prakticky eliminuje suché výkopy. Přístroj je možné osadit přes noc, kdy pracuje v ideálních podmínkách (největší ticho a nejvyšší tlak), aniž by vyžadoval obsluhu. Data se pak stáhnou a vyhodnotí následující den.



Obr. 3.4 Kufr Enigma, senzory a CD se softwarem, zdroj [17]

3.1.6 Hodnocení technického stavu vodovodní sítě

Pro zjištění kritických úseků vodovodní sítě bylo provedeno hodnocení technického stavu dle metodiky uvedené TUHOVČÁKEM [20]. Metodika rozděluje hodnocení na samostatné hodnocení hlavního distribučního systému (gravitačních i výtlačných přiváděcích řadů) a hodnocení rozvodné sítě (RS). Hodnocení spočívá v zařazení vodovodní sítě, tlakových pásem či úseků do kategorií v jednotlivých ukazatelích. Každému ukazateli je přiřazena jeho váha a výsledná kategorie se určí součtem ukazatelů vynásobených příslušnou vahou.

Řešená vodovodní síť byla posuzována jako RS na úrovni jednotlivých trubních úseků. Pro hodnocení technického stavu RS uvádí metodika tyto ukazatele:

- TU 5 - stáří trubního materiálu;
- TU 6 - poruchovost vodovodních řadů;
- TU 7 - ztráty vody;
- TU 8 - tlakové poměry;
- TU 9 - vliv na kvalitu vody.

Vzhledem k dostupným informacím o jednotlivých úsecích vodovodní sítě Slavkova byly vybrány ukazatele TU 5, TU 6 a TU 8. Po dohodě s VaK Vyškov byla každému ukazateli nastavena váha 1/3.

TU 5 - stáří trubního materiálu

Hodnocení stáří jednotlivých řadů vodovodní sítě bylo provedeno s využitím Tab. 3.3. Předpokladem tohoto hodnocení je podrobná databáze stáří potrubí. Stáří většiny úseků sítě města Slavkova se podařilo dohledat, u několika však bylo stáří pouze odhadnuto.

Tab. 3.3 Meze kategorií TU 5 - stáří trubního materiálu [20]

kategorie stáří	Trubní materiál											
	šedá litina		tvárná litina		ocel		PE		PVC		jiný	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
K1	0	40	0	50	0	20	0	30	0	20	0	20
K2	40	60	50	70	20	40	30	50	20	40	20	30
K3	60	80	70	90	40	50	50	60	40	50	30	40
K4	80	100	90	110	50	60	60	70	50	60	40	50
K5	100	..	110	..	60	..	70	..	60	..	50	..

TU 6 - poruchovost vodovodní sítě

Poruchovost vodovodních řadů je jedním ze základních ukazatelů hodnocení technického stavu. Poruchovost byla pro vodovodní síť Slavkova vyhodnocena tak, jak je popsáno v kapitole 3.1.5. Doporučené hranice kategorií tohoto ukazatele dle použité metodiky jsou uvedeny v Tab. 3.4.

Tab. 3.4 Průměrná poruchovost [20]

kategorie	poruchovost [pp/km/rok]	
	od	do
K1	0,0	0,2
K2	0,2	0,3
K3	0,3	0,5
K4	0,5	0,8
K5	0,8	..

TU 8 - tlakové poměry

Hodnocení tlakových poměrů bylo provedeno na základě hydraulického modelu vodovodní sítě Slavkova, popsaného v kapitole 4.1. Bylo provedeno vyhodnocení z pohledu maximálního hydrostatického tlaku dle Tab. 3.5 a maximálního hydrodynamického tlaku posouzeného dle Tab. 3.6. Oběma tlakům byla přiřazena váha 0,5 a následně vypočteny výsledné kategorie ukazatele.

Tab. 3.5 Maximální hydrostatický tlak [20]

kategorie	hydrostatický tlak [m.v.sl.]	
	od	do
K1	0	45
K2	45	50
K3	50	60
K4	60	70
K5	70	..

Tab. 3.6 Průměrný hydrodynamický tlak [20]

kategorie	hydrodynamický tlak [m.v.sl.]	
	od	do
K1	25	40
K2	40	50
K3	50	55
K4	55	60
K5	60	25 (15 *)

* V případě maximálně dvoupodlažní zástavby

Vyhodnocení technického stavu

Po přípravě potřebných podkladů bylo provedeno samotné hodnocení technického stavu vodovodní sítě. Každý trubní úsek sítě byl zařazen do příslušné kategorie dle stáří trubního materiálu. Dále byl proveden výpočet poruchovosti a následná kategorizace úseků

dle tohoto ukazatele. Pro další postup bylo nutné sestavit hydraulický model vodovodní sítě Slavkova. Pro tento účel byl použit software Epanet. Hydraulický model sítě je blíže specifikován v kapitole 4.1. Pro potřeby metodiky byly z hydraulického modelu stanoveny pro všechny úseky sítě maximální hydrostatické a hydrodynamické tlaky. V rámci těchto dvou podružných ukazatelů byly úseky rovněž kategorizovány a následně byl proveden přepočet pro zjištění ukazatele „TU5 - tlakové poměry“. Přepočet spočívá v sumaci jednotlivých podružných ukazatelů násobených vahou ukazatele dle vztahu:

$$TU5 = 0,5.TU_{hydrostat} + 0,5.TU_{hydrodynam}$$

Po ohodnocení všech vybraných ukazatelů pro jednotlivé úseky je možné určit celkové hodnocení úseků. Jak je uvedeno výše, po dohodě s VaK Vyškov byla každému ukazateli nastavena váha 1/3. Výpočet celkového hodnocení jednotlivých úseků probíhal tedy podle následujícího vztahu:

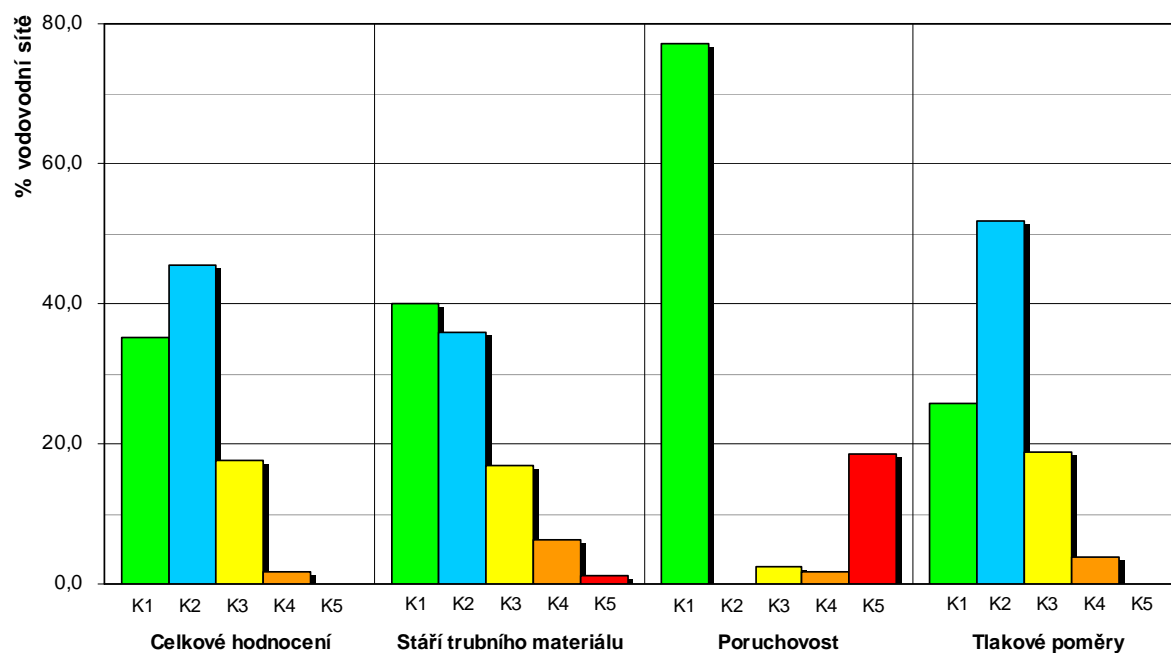
$$TU = \frac{1}{3}TU5 + \frac{1}{3}TU6 + \frac{1}{3}TU8$$

Nyní si představme výsledek hodnocení technického stavu dle použité metodiky. Tab. 3.7 zachycuje jak velká část sítě města spadá do té které kategorie jednotlivých ukazatelů i celkového hodnocení. Názorněji je toto rozložení zobrazeno v grafu na Obr. 3.5.

Z pohledu stáří trubního materiálu je vodovodní síť hodnocena dobře. Značná část sítě, 76 %, spadá do kategorií K1 a K2, 23% délky sítě pak do kategorií K3 a K4 a pouze 1%, tj. 340 m, do nejhorší kategorie K5. Metodika však nepostihla stav potrubí z azbestocementu, které vodovodní síť obsahuje v délce 4,28 km, tj. 15%, a které se nachází za hranicí teoretické životnosti. Pro kategorizaci stáří tohoto materiálu byl použit z výše uvedené Tab. 3.3 sloupec trubního materiálu „jiný“. Bylo by však vhodné nadefinovat pro azbestocement přísnější hranice kategorií s ohledem na jeho krátkou teoretickou životnost a zdravotní riziko tohoto materiálu.

Tab. 3.7 Technický stav vodovodní sítě města Slavkova

Kategorie	Slovní Popis	Celkové hodnocení		Stáří trubního materiálu		Poruchovost		Tlakové poměry	
		Délka	% sítě	Délka	% sítě	Délka	% sítě	Délka	% sítě
		[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]
K1	Velmi dobrý	10,04	35,2	11,38	39,9	22,05	77,2	7,35	25,7
K2	Dobrý	13,00	45,5	10,23	35,8	0	0	14,77	51,7
K3	Průměrný	5,06	17,7	4,82	16,9	0,69	2,4	5,33	18,7
K4	Kritický	0,46	1,6	1,78	6,2	0,51	1,8	1,10	3,9
K5	Velmi kritický	0	0	0,34	1,2	5,30	18,6	0	0



Obr. 3.5 Technický stav vodovodní sítě města Slavkova

Vysokého hodnocení bylo dosaženo i v ukazateli poruchovosti, kde 77 % vodovodní sítě Slavkova spadá do kategorie K1. Významněji je pak zastoupena pouze kategorie K5, do které spadá cca 19% sítě. Domnívám se však, že takové hodnocení je způsobeno především krátkým časovým obdobím záznamu poruch na vodovodní síti. Dostupná databáze poruch postihuje pouze období předcházejícího 3,5 roku a ve vodovodní síti se tak nachází značné množství úseků jevících se jako naprosto bezporuchové.

Ani poslední vybraný ukazatel neobdržel špatné hodnocení. Do kategorie K5 nespadá žádný úsek potrubí. Tlakové poměry téměř celé vodovodní sítě (96 %) lze označit za příznivé, neboť se nachází v kategoriích K1, K2 a K3.

Celkové hodnocení technického stavu vodovodní sítě se zdá být příznivé. Ve velmi dobrém technickém stavu se dle metodiky nachází 35 % sítě. Dobrý technický stav má dle metodiky 46 % sítě a průměrný stav pak 18 %. Pouze 1,6 % se nachází dle použité metodiky v kritickém stavu. Situaci vodovodní sítě s kategorizací technického stavu jednotlivých úseků obsahuje Příloha B4.

3.1.7 Shrnutí technického stavu vodovodní sítě

Z rekognoskace vodovodní sítě vyplynulo, že i přes určité technické nedostatky vykazuje řešená vodovodní síť dobré provozní vlastnosti. Tím je myšlena nízká poruchovost a velmi nízká úroveň ztrát vody.

Poruchy se vyskytují na různých místech celé sítě, ale je zde několik úseků, kde je výskyt poruch četnější. Jedná se o část řadu 5 v ulici Jiráskova délky 511 m, tvořenou potrubím z PVC DN 100 uloženým v roce 1983. Dále úsek řadu 6 v ulici Tyršova profilu DN 150 rovněž z PVC uložený roku 1977. Jedná se o úsek délky 280 m severně od křižovatky ulic Tyršova a Pod Vinohrady. Dalším poruchovým úsekem je řad 7 - 3 délky 157 m na sídlišti Zlatá Hora tvořený PE potrubím DN 100 pocházející z roku 1980. U všech těchto řadů dochází na potrubí k tvorbě podélných trhlin. Takové poruchy jsou pak opravovány výřezem porušené části potrubí a vsazením kusu nového potrubí. Spoj bývá proveden multitoleranční spojkou. Poruchovou je také část řadu 1 - 6 délky 397 m, která je tvořena litinovým potrubím DN 100 z roku 1970. Vyskytují se zde příčné lomy potrubí.

Z uvedených řadů s největším výskytem poruch byl použitou metodikou hodnocení technického stavu ohodnocen pouze stav řadu 5 jako kritický. Ostatní uvedené řady jsou dle metodiky v „průměrném“ nebo lepším technickém stavu. Kritický technický stav byl dále vyhodnocen dle metodiky pouze u jednoho řadu. Jedná se o řad 2 - 3 z azbestocementového potrubí DN 100 délky 94 m pocházející z roku 1971. Na tomto řadu byla zaznamenána jedna porucha typu příčného lomu.

Co se týká hlediska stáří trubního materiálu lze konstatovat, že 6,72 km vodovodní sítě dosahuje hranice teoretické životnosti. Z tohoto množství je 4,28 km potrubí azbestocementové, které již překročilo hranici životnosti. Zbývající část tvoří 1300 m potrubí z PVC a 800 m PE potrubí, které stářím okolo 35 let začínají dosahovat hranice své životnosti. Z výše uvedených řadů sem spadá řad 6 a řad 7 - 3.

Z analýzy vyplynuly tedy určité kritické úseky vodovodní sítě. Vzhledem ke zdravotnímu riziku vznikajícímu pro pracovníky při opravách a manipulaci s azbestocementovým potrubím a dále z důvodu stáří úseků sítě z tohoto materiálu, doporučuji veškeré azbestocementové potrubí vodovodní sítě města Slavkova k výměně. Dále doporučuji provést opatření na řadech či částech řadů zmiňovaných v předešlých odstavcích.

3.2 NÁVRH OPATŘENÍ

Návrh možných opatření je proveden v podobě dlouhodobého plánu obnovy vodovodní sítě na dobu 15 let od r. 2012 do r. 2027. Cílem těchto opatření je obnova problémových úseků sítě uvedených v kapitole 3.1.7, nahrazení azbestocementového potrubí vhodným trubním materiálem a zastavení stárnutí vodovodní sítě.

Při zpracování návrhů byly zohledněny požadavky a možnosti společnosti VaK Vyškov, a.s. - provozovatele a vlastníka vodohospodářské infrastruktury ve Slavkově. Informace poskytl výrobně-technický náměstek společnosti, pan Ing. Karel Hájek. Provozovatel používá pro novou výstavbu či výměnu vodovodních řadů ve Slavkově u Brna výhradně materiál HDPE PE 100. Renovační technologie provozovatel nepoužívá, vždy přistupuje ke kompletní výměně. Po dobu nadcházejících 15 let se předpokládá investice do obnovy vodovodní sítě Slavkova ve výši 0,8 - 1 mil. Kč ročně.

Dlouhodobé prognózy byly zpracovány nástrojem Rehab Strategy Manager (RSM) modulu CARE-W LTP (Long Term Planning). Nástroj RSM je založen na programu KANEW, který byl převzat v rámci projektu CARE-W (Computer Aided REhabilitation of Water networks). Systém CARE-W vysvětluje uživatelský manuál [19]: CARE-W je počítačový systém pro plánování sanace vodovodních sítí. Je tvořen softwarem představujícím základní nástroje pro odhad současného a budoucího stavu vodovodních sítí, tj. výkonnostní ukazatele (CARE-W PI), predikce poruchovosti sítě (CARE-W FAIL) a výpočet spolehlivosti vodovodů (CARE-W REL). Dále obsahuje nástroj pro odhad dlouhodobé potřeby investic (CARE-W LTP) a nástroj pro prioritizaci a hodnocení projektů obnovy (CARE-W ARP).

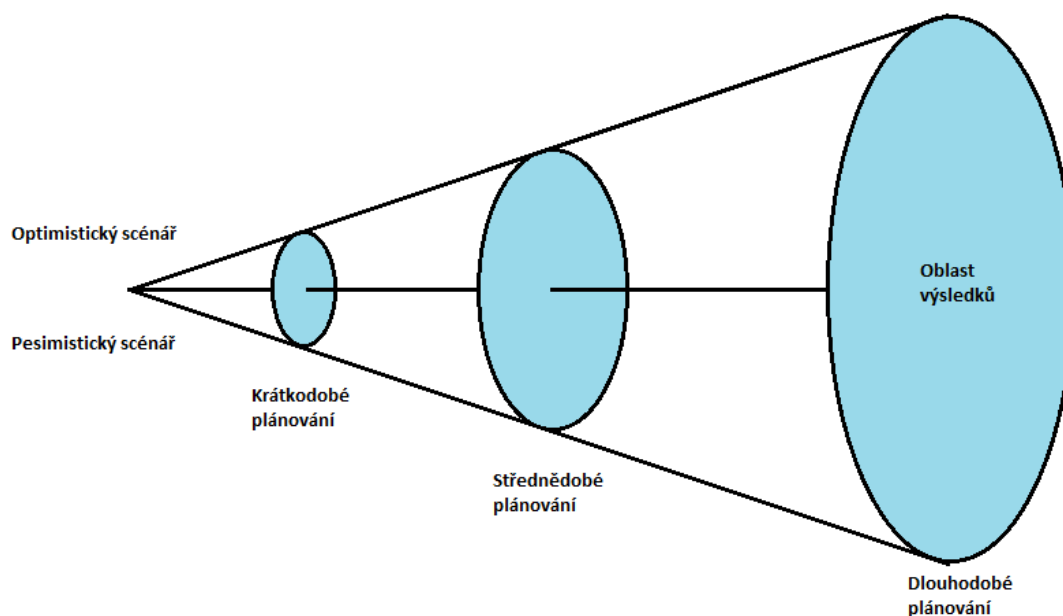
Rehab Strategy Manager (RSM)

RSM je jedním ze tří nástrojů modulu CARE-W LTP. Program je popsán např. RACLAVSKÝM [15]. Program má čtyři základní ovládací prvky, které slouží pro přístup k oknům sloužícím pro vkládání informací. V prvním okně (General information) se zadává název a data o projektu, zadávají se zde tedy základní identifikační údaje. V dalším okně (Definition of ageing functions) se definují parametry materiálu. Jde o definování funkce životnosti trubních materiálů a to buď zadáním průměrné hodnoty střední kvadratické odchylky doby životnosti nebo zadáním pomoci stárí ve výši 100 % (doby životnosti), 50 % a nejodolnějších 10 %. Dále se přistupuje k oknu se vstupními daty (Stock data), kde se zadává

rok položení, materiál a délka potrubí. Po zadání těchto vstupních údajů program umožňuje zobrazení 10 základních diagramů popisujících výchozí stav sítě. Diagramy vodovodní sítě města Slavkova jsou obsaženy v příloze A4. Je patrné, že poznatky zjištěné v kapitole 3.1 Technický stav vodovodní sítě odpovídají těmto diagramům. V poslední části (Prognosis) se definuje strategie sanace, provede se návrh a výpočet prognóz. Zde nám program nabízí tři typy prognóz:

- předpověď obnovy sítě v budoucnu (bez zadání sanačních opatření);
- strategie sanace sítě bez výpočtu investic;
- strategie sanace sítě s výpočtem investic.

V této práci byly použity první dva typy prognóz. V první variantě sám program vypočítá průběh stárnutí trubních materiálů v zadaném období a určí procentuálně nutnou délku obnovy. Ve variantě druhé je třeba zadat strategii sanace sítě ve zvoleném období formou objemu sanačních prací a metod sanace. Program zpracovává vždy tři scénáře: optimistický, pravděpodobný a pesimistický. Jak uvádí RACLAVSKÝ [15]: Optimistický scénář představuje pozitivní extrémní scénář, který popisuje příznivý budoucí vývoj. Pesimistický scénář je naopak negativní extrémní scénář popisující nejhorší budoucí vývoj. Pravděpodobný scénář neboli trend, popisuje budoucí vývoj na základě postřehnutelného trendu a všeobecného očekávání. Varianty scénářů vychází z předem nadefinované životnosti potrubí. Pro následující sanační strategie byl zvolen pravděpodobný scénář - trend. Pro úplnost: optimistický a pesimistický scénář tvoří oblast výsledků neboli „okno možností“. Čím dále se díváme, tím širší je oblast možných výsledků, viz Obr. 3.6.



Obr. 3.6 Okno možností scénářů v budoucnu, dle [15]

Finanční náklady sanace

Výpočet finančních nákladů na obnovu vodovodní sítě vychází z následujících údajů. Starší (r. 2008) podrobněji zpracovaný dokument vydaný Ústavem územního rozvoje Brno [14] uvádí náklady na výstavbu vodovodního potrubí z materiálu HDPE PE 100 profilu DN 100 ve výši 6 555 Kč/bm a 6 920 Kč/bm pro profil DN 150. Novější (r. 2011) dokument zpracovaný společností ÚRS PRAHA [23] uvádí náklady na trubní vodovody z plastických hmot 9 683 Kč/bm pro profil do DN 100 a 13 489 Kč/bm pro profil DN 200. Rozdíl mezi oběma zdroji je způsoben započtením nebo nezapočtením tzv. podílu příslušných objektů na vodovodu, tj. šachet, vzdušníků, kalníků atd. Na základě těchto hodnot byl pro návrh sanačních strategií zvolen orientační náklad na výstavbu vodovodního potrubí 10 000 Kč/bm. Z renovačních technologií vnitřního povrchu potrubí byla zvolena cementace. Náklady na cementaci litinového potrubí DN 100 až 150 uvedl pan Ing. Stanislav Lovecký [8] v závislosti na intenzitě čištění sanovaného potrubí od 1 500 do 1 800 Kč/bm. Uvažujeme orientační náklady na cementaci 2 000 Kč/bm. Uvažované náklady nezahrnují inflační koeficient.

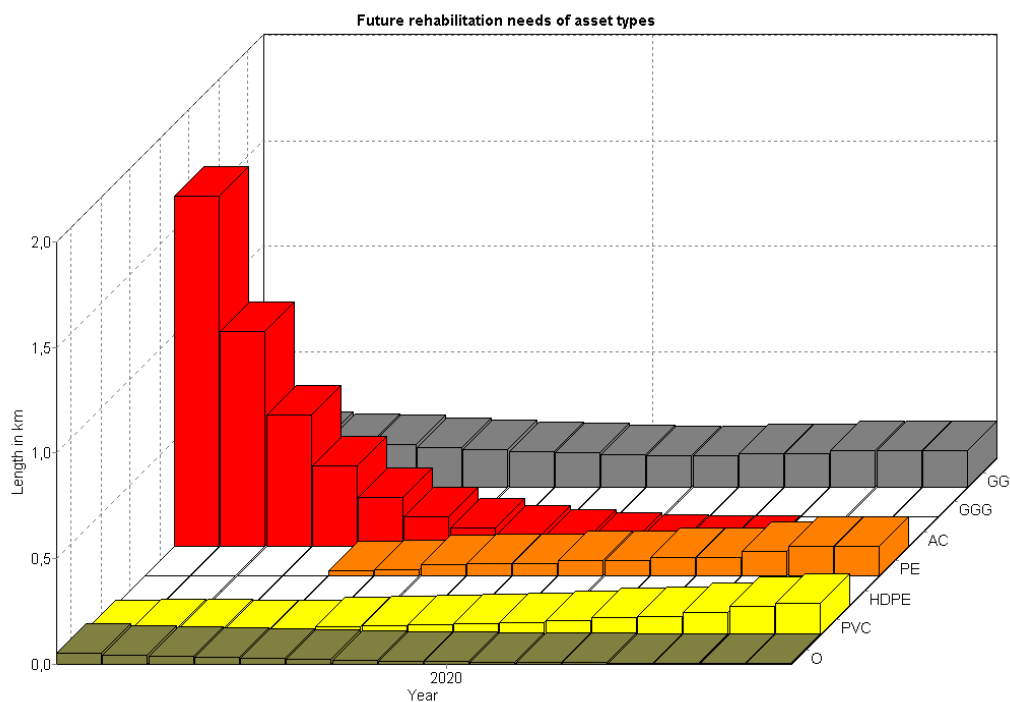
3.2.1 Předpověď potřeby obnovy sítě

Prvním scénářem obnovy vodovodní sítě je předpověď obnovy sítě v letech 2012 až 2027, kterou program vypočte bez zadání sanačních opatření. Byly vypočteny potřebné roční objemy obnovy, viz Příloha A5. Jak je patrné také z Obr. 3.7, největší zátěží je potrubí z azbestocementu, které již dosáhlo hranice teoretické životnosti. Dle vypočtené strategie je největší objem obnovy AC potrubí v prvních 5 letech. Dále je nutné průběžně ročně obměňovat cca 200 m potrubí z šedé litiny. Postupně se objevuje a roste potřeba obnovy PE a PVC potrubí. Z diagramů na Obr. 3.8 a Obr. 3.9 je patrné, že po výměně AC potrubí dochází postupně ke stabilizaci potřebné míry obnovy okolo hodnoty 1,5 % celé sítě.

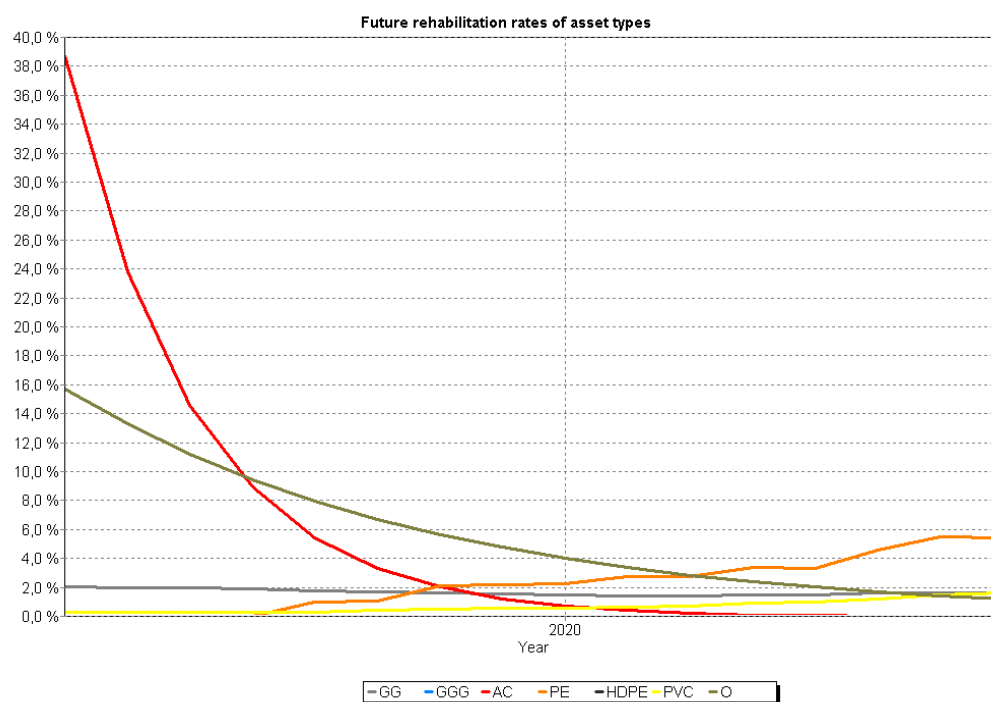
Tento i následující výpočty vycházejí z funkcí stárnutí nadefinovaných v Tab. 3.8.

Tab. 3.8 Parametry trubních materiálů

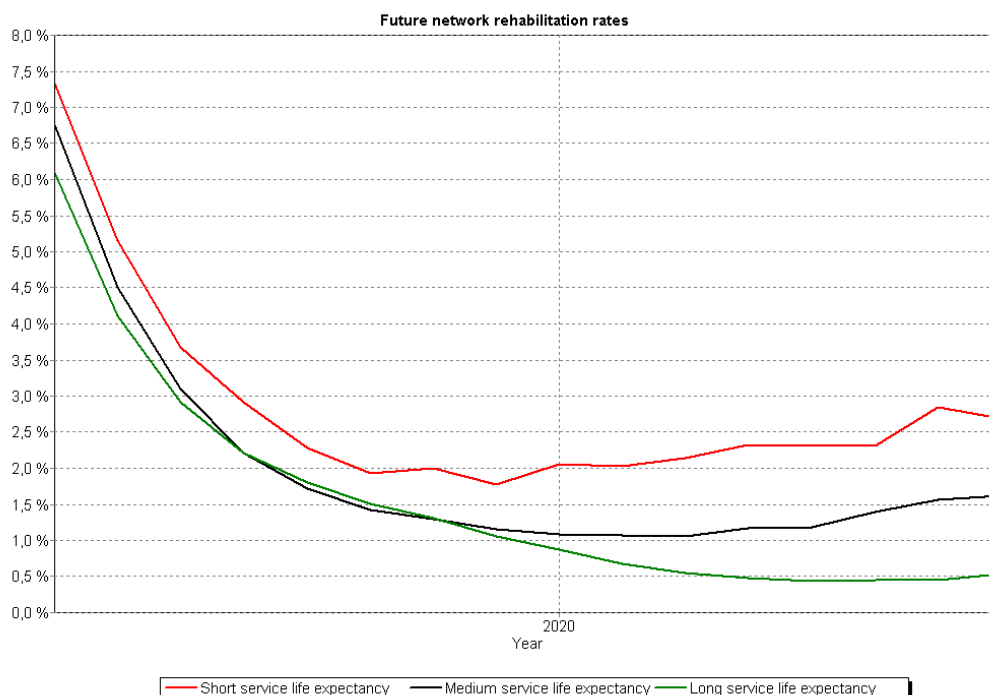
Trubní materiál	Dosažitelné stáří [roky]		
	100%	50%	10%
Azbestocement	20 - 25	25 - 30	30 - 35
HDPE	40 - 50	50 - 60	60 - 70
Ocel	25 - 35	35 - 45	45 - 60
PE	35 - 40	40 - 50	50 - 60
PVC	35 - 40	40 - 50	50 - 60
Šedá litina	50 - 60	60 - 85	85 - 90
Šedá litina, cementace	10 - 15	15 - 20	20 - 30
Tvárná litina	60 - 70	70 - 90	90 - 110



Obr. 3.7 Potřebná obnova délky potrubí dle jednotlivých materiálů



Obr. 3.8 Potřebná míra obnovy potrubí



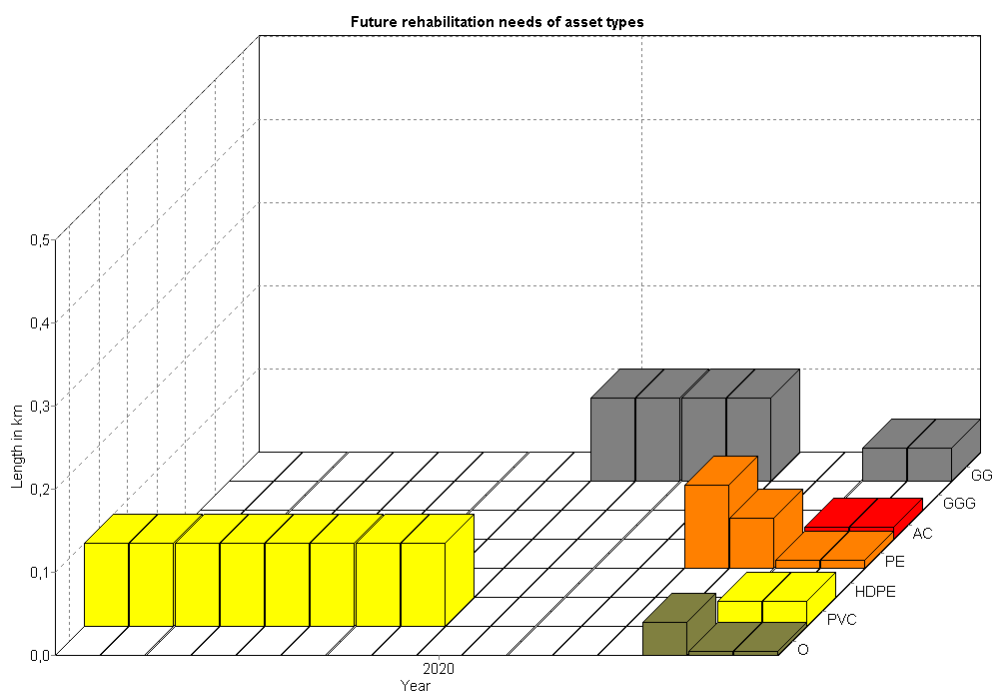
Obr. 3.9 Potřebná míra obnovy celé sítě

3.2.2 Strategie obnovy dle finančních možností vlastníka sítě

Předpokládaná výše investic do obnovy sítě, jak je uvedeno výše, činí 0,8 - 1 mil. Kč/rok. Z této částky lze dle předpokládaných nákladů, viz výše odstavec „Finanční náklady sanace“, obměnit 100 m vodovodního potrubí ročně, což představuje obnovu 0,35 % celé sítě za rok. Vzhledem k těmto omezeným možnostem je následující strategie zaměřena na obnovu nejvíce poruchových úseků sítě, jejichž opravy přinášejí další finanční náklady a neřeší stav těchto úseků. Jedná se o části, případně celé řady 5, 6 a 7-3 uvedené v kapitole 3.1.7. U těchto řadů dochází k tvorbě podélných trhlin potrubí. V této strategii obnovy jsou tedy navrženy k postupné výměně. Jak uvádí RACLAVSKÝ et al. [16], při plánování obnovy se předpokládá optimalizační přístup od dlouhodobého plánu ke kratším plánovacím intervalům. Přístup použitý v této konkrétní strategii lze dle něj nazvat pragmatickým přístupem, kdy se vychází z finančně reálných možností krátkodobého plánu a tyto možnosti jsou promítány do delších časových horizontů.

Byla navržena postupná výměna poruchových úseků za potrubí z HDPE v objemu 100 m za rok, viz Obr. 3.10. Návrh se však ukázal jako nevhodný. Vedl by k tomu, že na konci sledovaného období by AC potrubí výrazně překračovalo hranici životnosti. Soustředit se na obnovu AC potrubí namísto nejporuchovějších úseků je při dané míře roční obnovy také neproveditelné. Při obnově 100 m AC potrubí ročně by jeho celková výměna trvala 43 let.

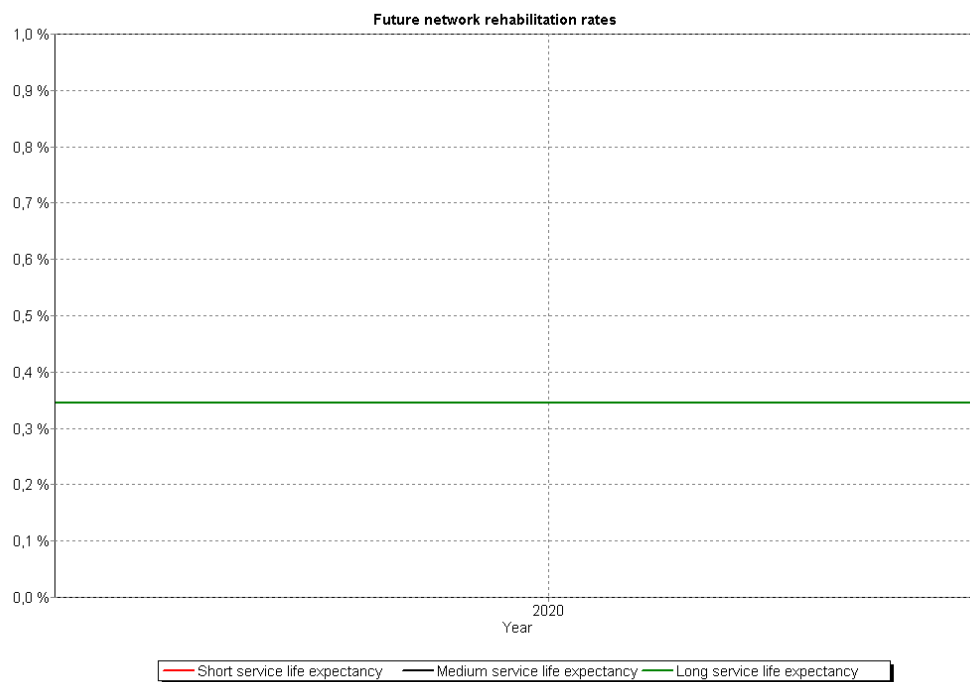
Míra obnovy je tedy naprosto nedostatečná. Obnova 100 m potrubí ročně představuje pouze zmíněných 0,35 % sítě. Pokud však uvažujeme průměrnou životnost potrubí 60 roků, měla by být ročně obnovena 1/60 sítě, což představuje cca 1,7 % sítě. To odpovídá i předpovědi potřebné obnovy sítě, kde je navíc v prvních letech zadaného období doporučena míra obnovy dokonce cca 7 % sítě. To jsou hodnoty daleko vyšší než jaké umožňuje finanční předpoklad provozovatele. Jak je patrné z Obr. 3.11, dochází nadále ke stárnutí materiálů vodovodní sítě.



Obr. 3.10 Obnova délky potrubí dle materiálu

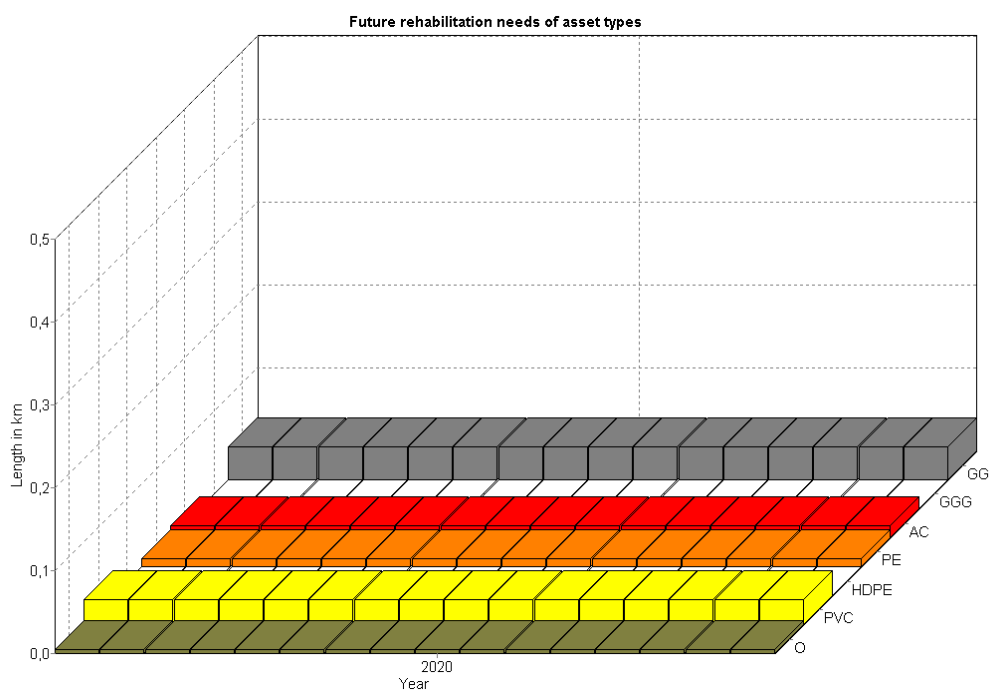


Obr. 3.11 Vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti



Obr. 3.12 Míra obnovy celé sítě dle možností VaK Vyškov

Pokud uvažujeme průběžnou obnovu všech trubních materiálů v daném období v rámci finančních možností VaK Vyškov (Obr. 3.13), dosáhneme stejného výsledku. Vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti je totožný s předchozí úvahou.

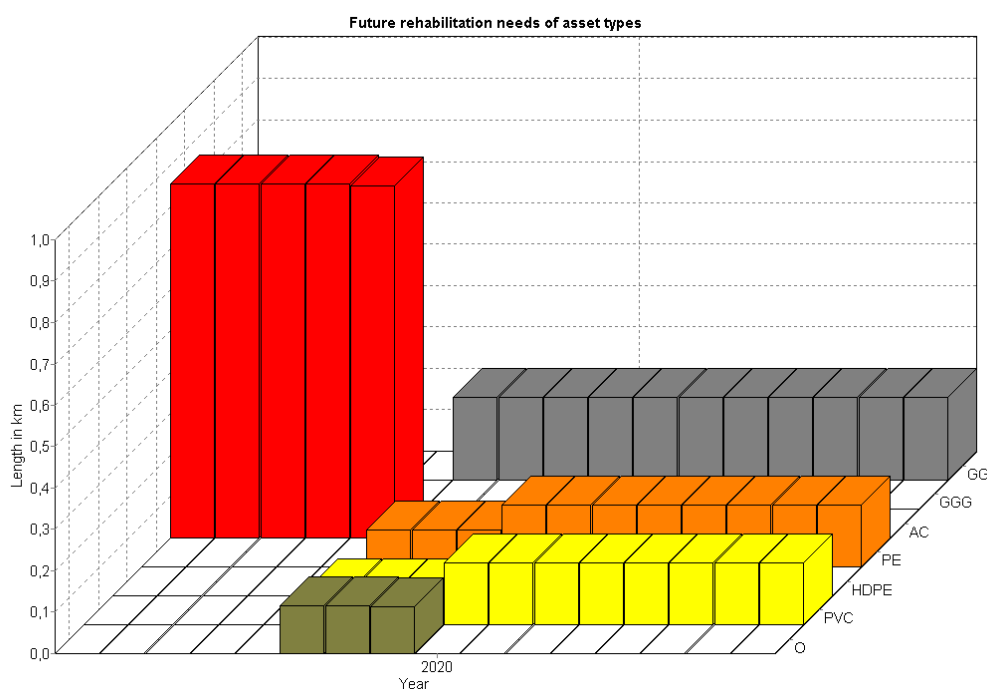


Obr. 3.13 Obnova délky potrubí dle materiálu II

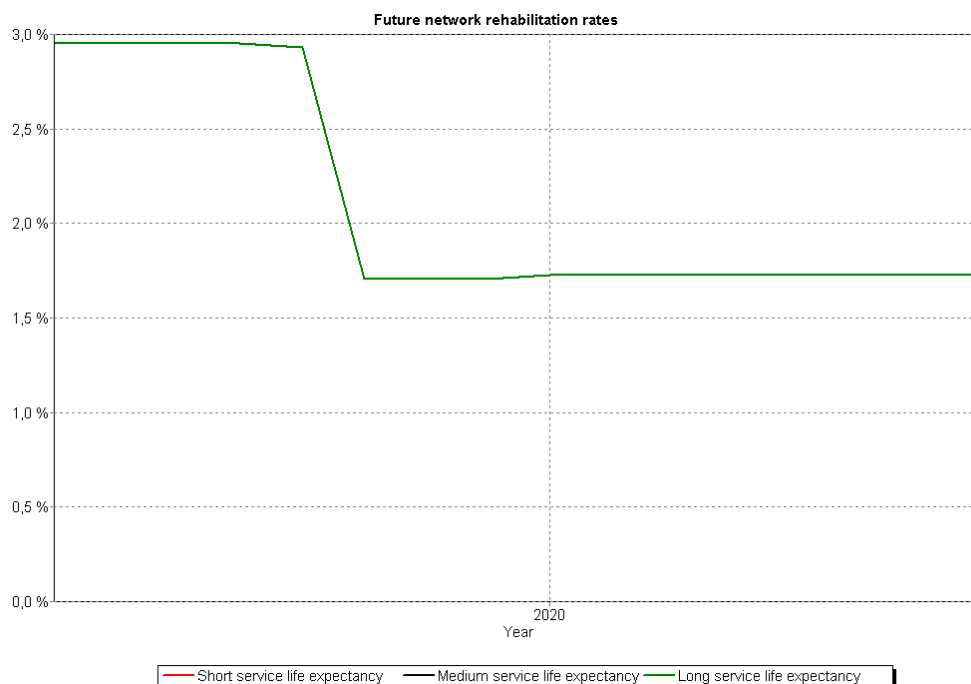
3.2.3 Alternativa 1 - výměna AC potrubí

V následujícím návrhu strategie obnovy uvažujeme, že by byla získána určitá forma finanční dotace, která by umožnila výměnu AC potrubí v krátkém období. Pomiňme, že není možné připravit projektovou dokumentaci a projít dotačním procesem v tak krátkém čase, aby mohli být práce zahájeny v roce 2012. Návrh uvažuje v letech 2012 až 2016 výměnu AC potrubí za potrubí z materiálu HDPE a od roku 2016 do r. 2027 obnovu ostatních trubních materiálů taktéž výměnou za HDPE. Výše obnovy jednotlivých trubních materiálů je patrná z Obr. 3.14. Míra obnovy je zvolena tak, aby bylo zastaveno stárnutí vodovodní sítě. Míra obnovy tak činí v prvních 5 letech strategie cca 3 % délky celé sítě a poté klesá na hodnotu okolo 1,7 %, viz Obr. 3.15. Z diagramu na Obr. 3.16 je zřejmé, že navržená strategie příznivě ovlivní vývoj průměrného stáří vodovodní sítě. Křivka průměrného stáří sice vykazuje mírný růst po skončení výměny AC potrubí, ten je však způsoben rychlým poklesem průměrného stáří v první části této strategie obnovy a vzhledem k délce řešeného období je zanedbatelný.

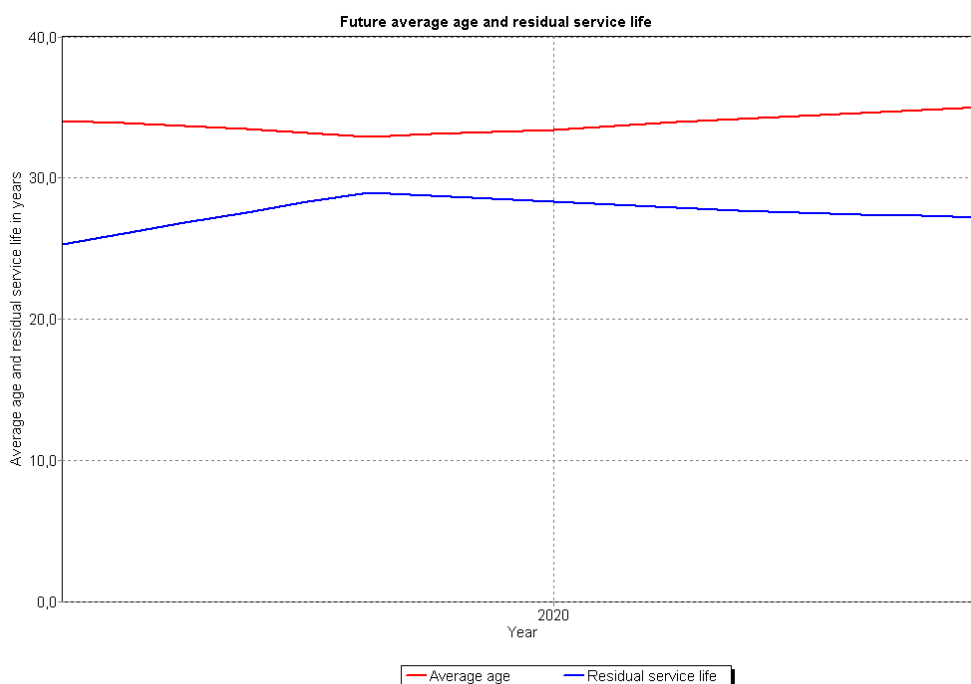
Navržená roční míra obnovy jednotlivých materiálů je pro všechny alternativy obsažena v tabulkové formě v příloze A5.



Obr. 3.14 Alternativa 1 - obnova délky potrubí dle materiálu



Obr. 3.15 Alternativa 1 - míra obnovy celé sítě

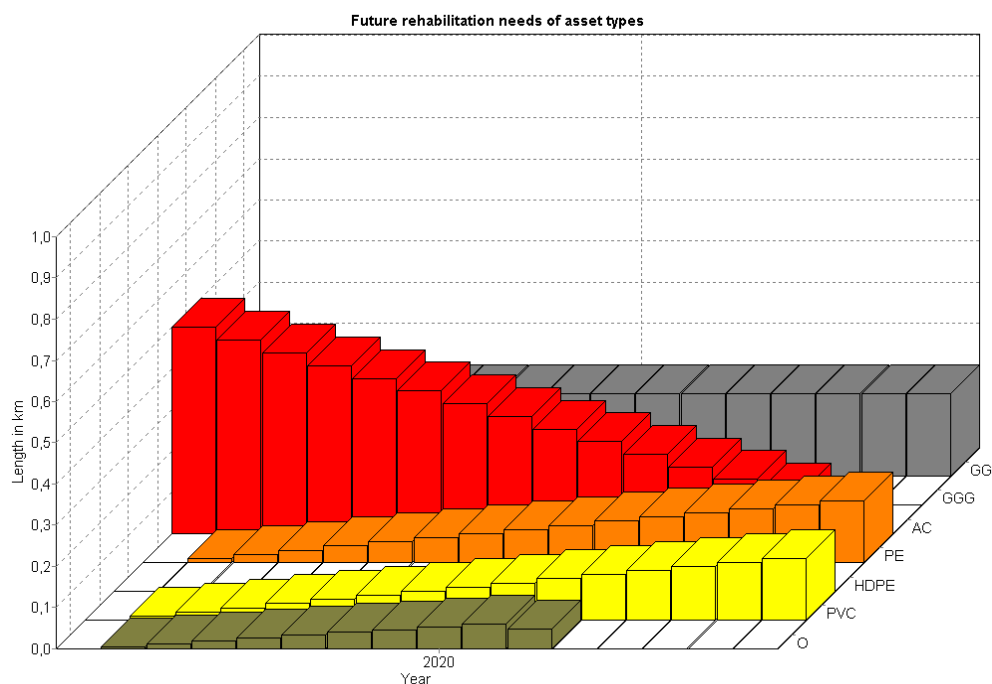


Obr. 3.16 Alternativa 1 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti

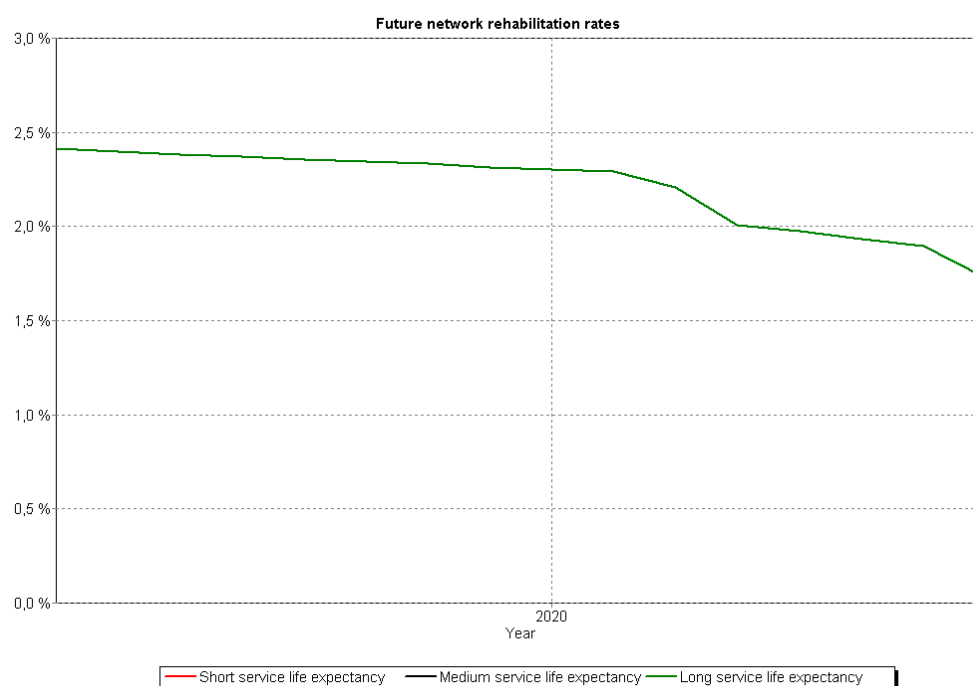
3.2.4 Alternativa 2 - průběžná obnova vodovodní sítě

Další navržená strategie obnovy sítě předpokládá zahájení průběžné obnovy vodovodní sítě dle Obr. 3.17 se zohledněním předpovědi potřeby obnovy. Novým trubním materiálem je stejně jako v předchozím případě HDPE. Míra obnovy v tomto případě činí na počátku prognózovaného období cca 2,4 % vodovodní sítě a postupně klesá na hodnotu

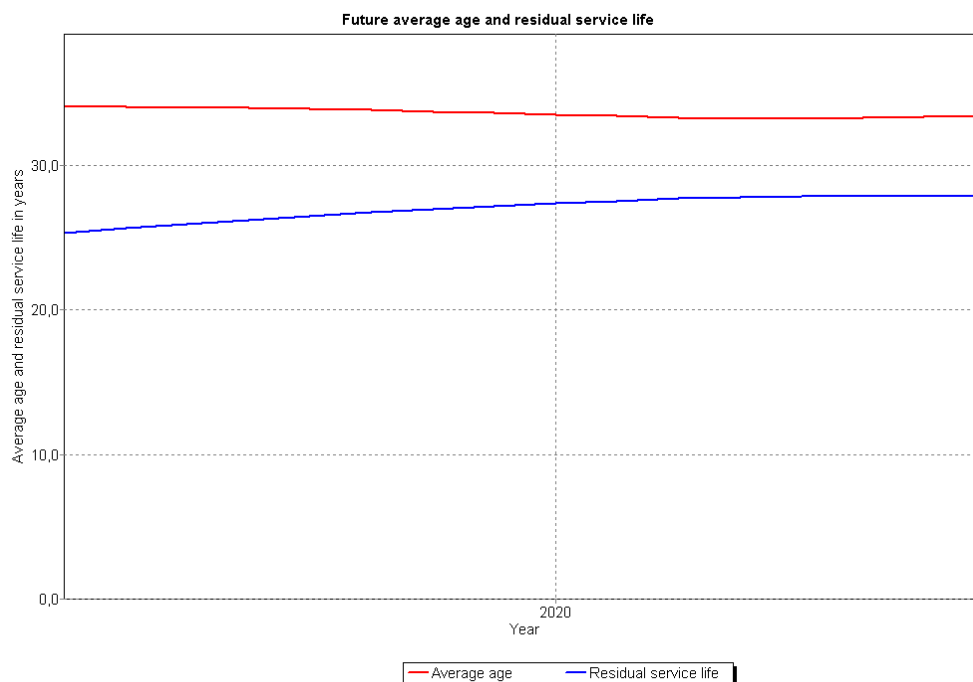
1,7 %. Z diagramu vývoje zbytkové životnosti a průměrného stáří v řešeném období na Obr. 3.19 je vidět, že zvolená strategie obnovy zajistí zastavení stárnutí vodovodní sítě a plynule dochází k nárůstu zbytkové životnosti. Hodnoty průměrného stáří a zbytkové životnosti dosažené na konci období této strategie jsou téměř shodné s hodnotami dosaženými v návrhu č. 1.



Obr. 3.17 Alternativa 2 - obnova délky potrubí dle materiálu



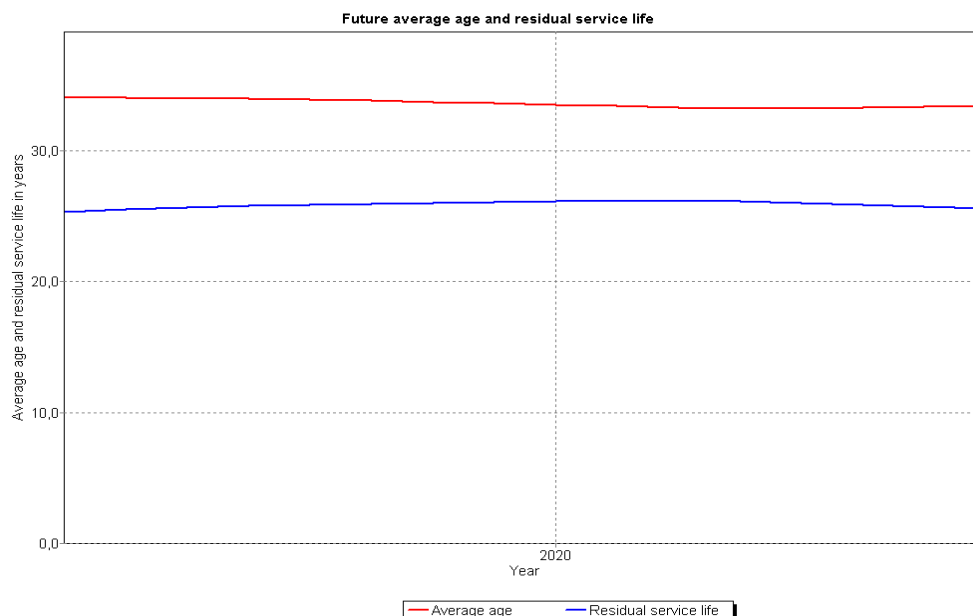
Obr. 3.18 Alternativa 2 - míra obnovy celé sítě



Obr. 3.19 Alternativa 2 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti

3.2.5 Alternativa 3 - průběžná obnova s využitím cementace

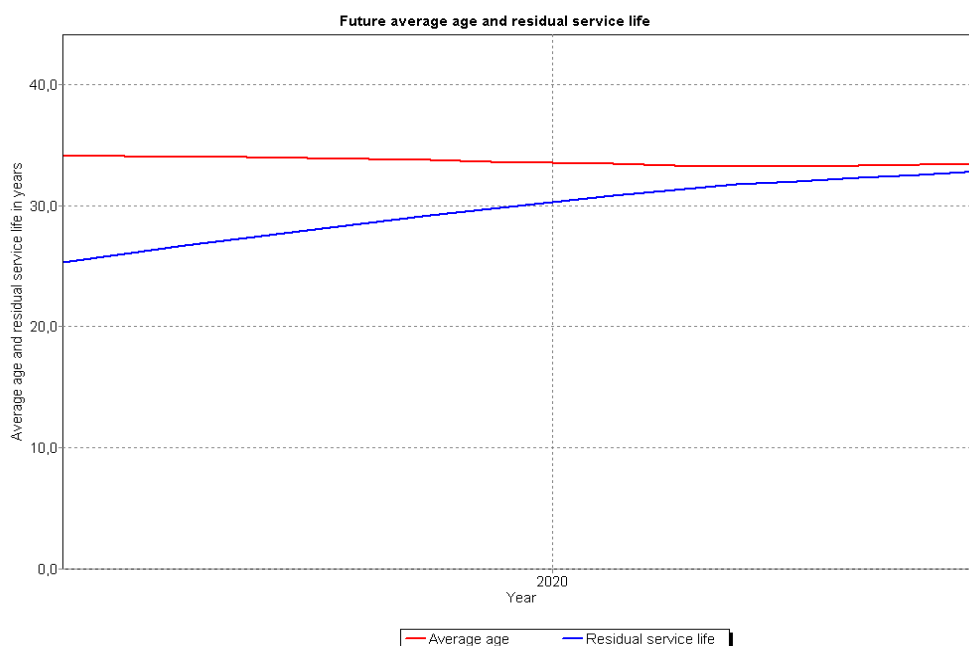
Ačkoli VaK Vyškov nechce využívat renovační technologie vodovodních sítí, byl proveden i návrh zahrnující sanaci litinového potrubí metodou cementace. Pro tuto strategii byla zvolena obnova potrubí z šedé litiny z 60 % cementací a ze 40 % výměnou za potrubí z HDPE. Je tedy přijat předpoklad, že 60 % potrubí bude možné sanovat cementací a 40 % bude vyžadovat výměnu. Cementace, dle údajů různých odborných firem provádějících sanace trubních vedení, prodlužuje životnost sanovaného potrubí o 20 - 30 let. Pro výpočet byla tedy tato hodnota zvolena jako teoretická životnost cementace. Míra obnovy je shodná s návrhem č. 2 a to pro jednotlivé trubní materiály i pro celou síť. Stejně jako v návrhu č. 2 je navržena obnova ostatních trubních materiálů výměnou za HDPE potrubí. Výsledný vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti (Obr. 3.20) má shodný průběh jako u návrhu č. 2, pouze na konci období dochází k velmi mírnému poklesu zbytkové životnosti vlivem krátké životnosti cementace. Vzhledem k tomu, že náklady na cementaci představují cca 20 % nákladů na kompletní výměnu potrubí, může být tato strategie výhodnou modifikací předchozího návrhu.



Obr. 3.20 Alternativa 3 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti

3.2.6 Alternativa 4 - průběžná obnova s využitím cementace a nového potrubí z tvárné litiny

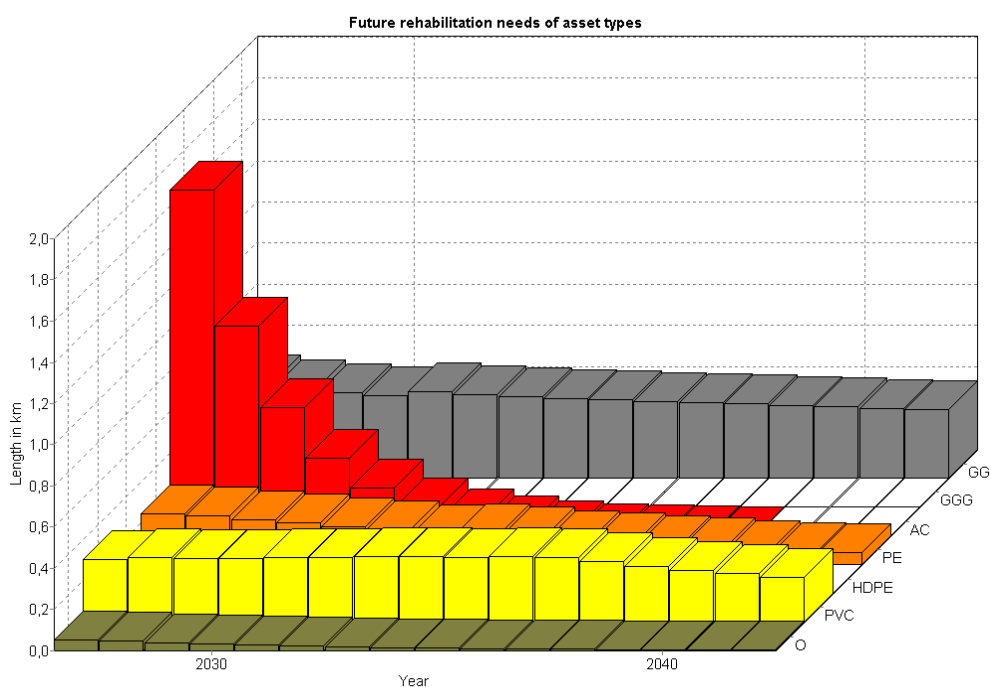
Čtvrtá z navržených strategií je shodná s návrhem č. 3 s tím rozdílem, že novým materiálem je tvárná litina. Pro potrubí z tvárné litiny je udávána dolní a horní hranice teoretické životnosti 80 - 110 let, zatímco pro plastová potrubí 40 - 60 let [22]. Výsledkem tohoto návrhu oproti předchozímu je poměrně výrazný nárůst zbytkové životnosti sítě (Obr. 3.21) při nákladech cca o 1 000 Kč/bm vyšších [14] než u potrubí z HDPE.



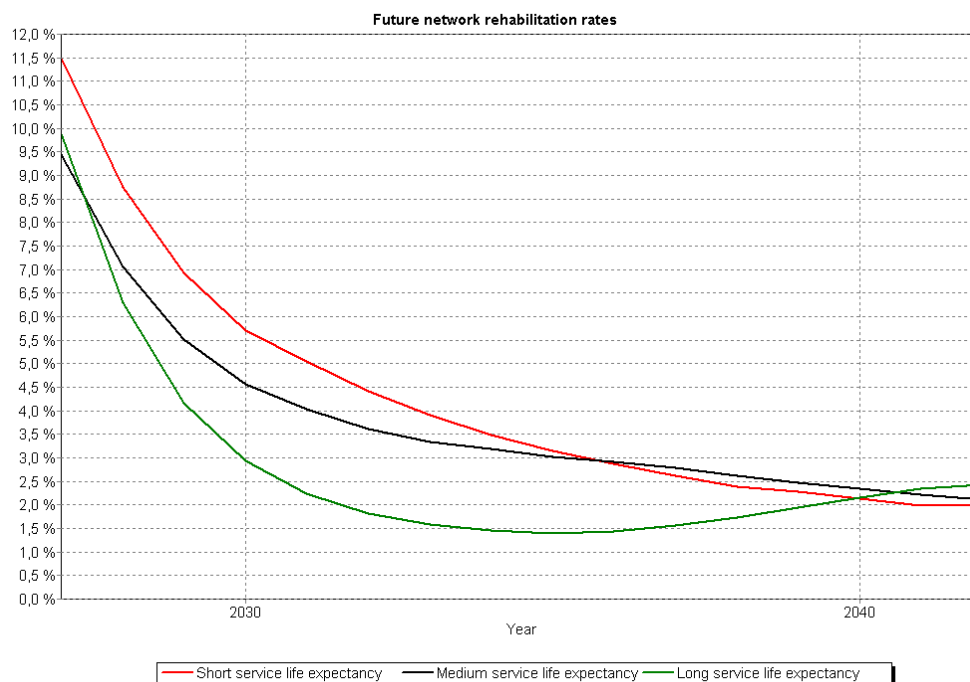
Obr. 3.21 Alternativa 4 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti

3.2.7 Do nothing scenario

Tento poslední scénář předpokládá nulovou obnovu vodovodní sítě v období 2012 až 2027. Výpočet byl proveden stejným způsobem jako předpověď potřebné obnovy sítě v kapitole 3.2.1., pouze bylo zvoleno období 15 let od roku 2027 do roku 2042. Je patrný pochopitelný nárůst potřeby obnovy všech trubních materiálů (Obr. 3.22) i míra obnovy celé vodovodní sítě (Obr. 3.23). Na počátku uvažovaného období vzrostla potřeba obnovy na hodnotu okolo 10 % vodovodní sítě oproti hodnotě 6,5 % v roce 2012 a na konci tohoto období vzrostla na cca 2,5 % oproti cca 1,5 % v roce 2027.



Obr. 3.22 Potřebná obnova délky potrubí dle materiálu (2027-2042)



Obr. 3.23 Potřebná míra obnovy celé sítě (2027-2042)

3.2.8 Vyhodnocení navržených alternativ

V rámci této části práce byl proveden návrh dlouhodobé strategie obnovy vodovodní sítě města Slavkova pro období 2012 až 2027. V programu CARE-W LTP RSM byla nejprve vypočtena potřeba obnovy vodovodní sítě v daném období. Pokud s touto potřebou srovnáme scénář obnovy vycházející z předpokladů financování obnovy společností VaK Vyškov, zjistíme, že předpokládaná investice 0,8 - 1 mil. Kč ročně do obnovy vodovodní sítě Slavkova je nedostatečná. Nadále bude docházet ke značnému nárůstu průměrného stáří vodovodní sítě, což povede v budoucnu ke zvyšování četnosti poruch, zvyšování ztrát vody a přesunu finanční zátěže na příští generace. Z hlediska udržitelnosti je nezbytné průběžně provádět obnovu vodovodní sítě v přiměřené výši. Pro síť Slavkova se tato hodnota pohybuje okolo 1,7 % vodovodní sítě ročně, ovšem až po odstranění zátěže představované dosluhujícím azbestocementovým potrubím. Bylo navrženo několik strategií obnovy sítě pro dané období zohledňujících požadavky VaK Vyškov a vypočtenou potřebu obnovy. Po srovnání vybraných návrhů z hlediska nákladů na obnovu v Tab. 3.9 se jako nejvýhodnější jeví návrh č. 3 - průběžná obnova vodovodní sítě s využitím cementace litinového potrubí. Zastavení stárnutí vodovodní sítě je oproti ostatním návrhům umožněno s roční úsporou 960 000 Kč. Celkové náklady na obnovu za dané období jsou pak ve srovnání se shodnou strategií nevyužívající metodu cementace nižší o 15,36 mil. Kč. Otázkou však zůstává, zda bude

možné aplikovat metodu cementace na předpokládaném množství litinového potrubí. Informace o podrobném technickém stavu litinového potrubí není k dispozici.

Soubory aplikace CARE-W LTP RSM obsahující provedené návrhy jsou obsaženy na přiloženém CD nosiči.

Tab. 3.9 Srovnání vybraných strategií obnovy

Rok	Návrh 1		Návrh 2		Návrh 3	
	Délka obnovy	Náklady na obnovu	Délka obnovy	Náklady na obnovu	Délka obnovy	Náklady na obnovu
	[km]	[mil. Kč/rok]	[km]	[mil. Kč/rok]	[km]	[mil. Kč/rok]
2012	0,86	8,56	0,70	7,00	0,70	6,04
2013	0,86	8,56	0,70	6,95	0,70	5,99
2014	0,86	8,56	0,69	6,91	0,69	5,95
2015	0,86	8,56	0,69	6,88	0,69	5,92
2016	0,85	8,50	0,68	6,83	0,68	5,87
2017	0,50	4,95	0,68	6,79	0,68	5,83
2018	0,50	4,95	0,68	6,76	0,68	5,80
2019	0,49	4,94	0,67	6,71	0,67	5,75
2020	0,50	5,00	0,67	6,67	0,67	5,71
2021	0,50	5,00	0,66	6,64	0,66	5,68
2022	0,50	5,00	0,64	6,40	0,64	5,44
2023	0,50	5,00	0,58	5,82	0,58	4,86
2024	0,50	5,00	0,57	5,72	0,57	4,76
2025	0,50	5,00	0,56	5,61	0,56	4,65
2026	0,50	5,00	0,55	5,49	0,55	4,53
2027	0,50	5,00	0,50	5,00	0,50	4,04
Σ	9,76	97,58	10,22	102,18	10,22	86,82

3.3 NÁVRH OBNOVY VYBRANÉHO ÚSEKU VODOVODNÍ SÍTĚ

V této části práce je proveden návrh obnovy vybraného úseku vodovodní sítě města Slavkova. Návrh zahrnuje výběr metody obnovy, zajištění náhradního zásobování pitnou vodou, popis postupu prací a zpracování situačního výkresu sanovaného úseku.

3.3.1 Popis zvoleného úseku

Byla zvolena část řadu 5 v ulici Jiráskova délky 511 m, tvořená potrubím z PVC DN 100 uloženým v roce 1983. Jedná se o úsek od začátku řadu 5, kde řad 5 odbočuje z řadu A, až po místo, kde z řadu 5 odbočuje řad 5-1. Použitou metodikou hodnocení technického stavu byl ohodnocen stav této části řadu 5 jako kritický, viz kapitola 3.1.6. Na této části řadu dochází k opakovanému výskytu poruch typu podélné trhliny.

Vodovodní potrubí v ulici Jiráskova je vedeno po obou stranách ulice. Jedná se o sanovaný řad 5 a dále o řad 4. Odstavením řadu 5 nedojde k ovlivnění řadu 4. Řad 4 tak lze využít k náhradnímu zásobování obyvatel dotčených sanací řadu 5. Vybraný úsek se nachází z části v zeleném pásu (360 m) a z části ve vozovce (151 m). Podrobná situace sanovaného úseku je obsažena v příloze B5.

3.3.2 Metoda obnovy

Pro obnovu dané části řadu 5 byla zvolena metoda výměny potrubí v otevřeném výkopu v původní trase. Původní PVC potrubí bude nahrazeno novým potrubím HDPE PE100 SDR 17 d110x6,6. Z bezvýkopových technologií obnovy vodovodních sítí by připadala v úvahu výměna trub trháním. Výhody bezvýkopových technologií, jako je nenarušení vozovky; minimální omezení provozu na komunikacích; atd., by však nebyly v tomto případě využity. Ulice Jiráskova není z hlediska automobilové dopravy nijak významnou komunikací. Provoz na vozovce bude při pracích v zeleném pásu jen minimálně omezen. Část ulice, kde je sanované potrubí uloženo ve vozovce, je slepá. Přístup do této části ulice je však možný také po ní cestou z ulice Tyršova. Vzhledem k typu zástavby je v tomto úseku vysoká hustota přípojek, bylo by tak nutné provádět výkopy pro přepojení domovních přípojek každých cca 8 metrů.

3.3.3 Náhradní zásobování pitnou vodou

Podle § 9 odst. 8 zák. č. 274/2001 Sb. [1] je provozovatel vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu povinen v případě přerušení nebo omezení dodávky pitné vody zajistit svým odběratelům náhradní zásobování vodou. Obyvatelům připojeným přímo na sanovaný úsek řadu bude umožněn odběr pitné vody z výtokových stojanů osazených pro tento účel na podzemní hydranty na řadu 4. Pokud nebude toto řešení z nějakého důvodu možné, musí být náhradní zásobování vodou zajištěno cisternami s pitnou vodou. Koncová část řadu 5 od odbočení řadu 5-1 bude před tímto odbočením přepojena potrubím DN 100 vedeným po povrchu na 40 m vzdálené ukončení řadu 4 tak, aby bylo zajištěno dočasné zásobení vodou obyvatel připojených na řad 5-1 a nesanovanou část řadu 5. Z dostupných podkladů vyplývá, že na nesanovanou část řadu 5 a řad 5-1 je napojeno pouze cca 10 nemovitostí, zřejmě rodinných domů. Je tedy na zvážení provozovatele zda od přepojení neustoupí.

3.3.4 Postup prací

Před zahájením samotné sanace budou provedeny přípravné práce. Provede se vytyčení vodovodního potrubí a ostatních sítí. Následně se provede obhlídka zeleně v dotčeném zeleném pásu a bude provedeno odeštění kmenů stromů, kterým hrozí poškození. Případně bude projednáno se správcem městské zeleně odstranění či prořezávka stromů bránících výkopovým pracím. Před samotnou sanací se provede přepojení nesanované části řadu 5, jak je uvedeno výše. Dále se osadí výtokové stojany na řad 4, případně přistaví cisterny s pitnou vodou pro náhradní zásobování dotčených obyvatel. Po odstavení a vypuštění sanovaného potrubí se přistoupí k výměně potrubí. Vzhledem k překopu vjezdů k rodinným domům je vhodné informovat dotčené obyvatele o plánovaném průběhu prací. Část ulice, kde se řad nachází ve vozovce, je slepá. Obyvatelům této části ulice tedy bude doporučeno po dobu prací parkovat své vozy v jiné ulici.

Práce budou realizovány v nesvahovaném otevřeném výkopu dle platných technických norem. Při hloubce výkopu větší než 150 cm musí být výkop pažen vhodnými pažícími prostředky. Část řadu leží v komunikaci, zde bude po odstranění krytu vozovky proveden vždy pažený výkop, aby nedošlo k vysypání skladby vozovky do výkopu. Při výkopu rýhy pro nové HDPE potrubí bude současně rozrušováno původní PVC potrubí a odstraňováno společně se zeminou. V místě napojení domovních přípojek je však nutné PVC potrubí obnažit a přípojku nejprve odpojit, aby nedošlo k poškození potrubí přípojky či jeho vytažení ze zeminového masivu. Do vyhloubené rýhy bude ukládáno potrubí HDPE PE100 SDR 17

d110x6,6 na podsyp tloušťky minimálně 10 cm, postupně budou přepojovány domovní přípojky. Potrubí se opatří signalizačním vodičem a provede se obsyp do výšky 30 cm nad povrch potrubí. Podsyp a obsyp je tvořen pískem nebo štěrkopískem frakce 0-4. Na obsyp se umístí výstražná fólie a přistoupí se k zásypu rýhy výkopkem. Při zásypu je nutné zeminu řádně hutnit, do krytí 30 cm však není povoleno provádět hutnění přímo nad potrubím. Přebytečný výkopek bude odvážen na skládku. Není dovoleno provádět zásyp zeminou obsahující části původního PVC potrubí, tomu je vhodné předcházet již při provádění výkopu a rozrušování PVC potrubí odvážením zeminy obsahující PVC střepy. Provede se navrácení vjezdů a vozovky do původního stavu. V zeleném pásu mimo vjezdy se provede zásyp posledních 20 cm výkopu ornici, ornice se nehutní.

Na novém potrubí bude provedena tlaková zkouška dle ČSN EN 805. Vyměněný úsek řadu 5 bude zkoušen vcelku. Plnění potrubí vodou proběhne v nápojném bodě z řadu A. Vzduch z potrubí bude unikat v nejvýše položeném místě, tedy na konci řadu 5. Řad 5 bude následně uzavřen na konci sanovaného úseku těsně před místem odbočení řadu 5-1. Potrubí bude následně zkoušeno vypočteným zkušebním přetlakem dle uvedené normy. Po dosažení požadované hodnoty přetlaku bude sledován pokles přetlaku Δp , který po uplynutí jedné hodiny nesmí překročit hodnotu 20 kPa, jinak je zkouška neúspěšná.

Před uvedením do provozu se provede dezinfekce potrubí proplachem dle ČSN EN 805.

4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

4.1 HYDRAULICKÝ MODEL SÍTĚ

Pro potřeby této práce byl vytvořen hydraulický model v počítačovém programu Epanet 2, který byl následně kalibrován programovou nástavbou Epanet Calibrator.

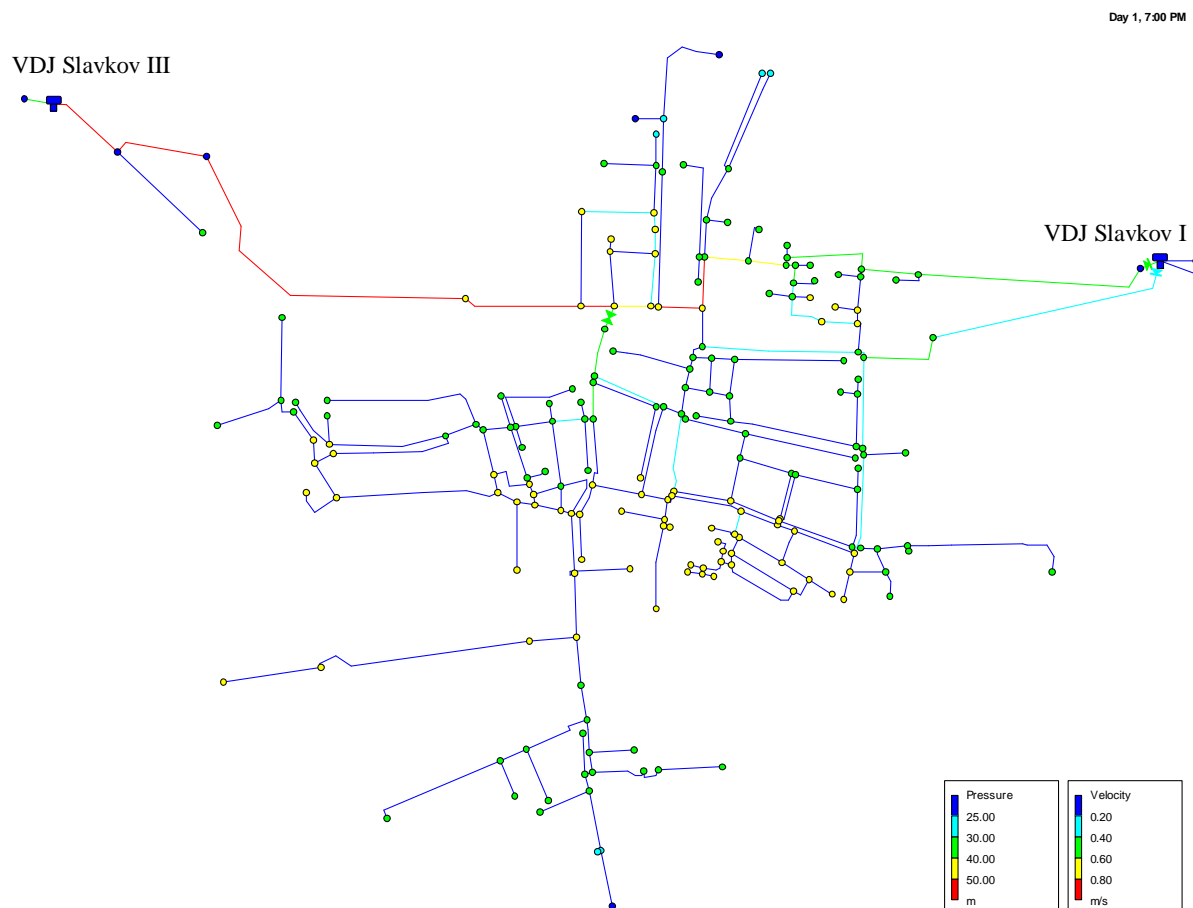
Epanet 2 je software vyvinutý organizací United States Environmental Protection Agency (EPA), který slouží k modelování vodovodních trubních systémů [4]. Program umožňuje statickou (řeší okamžitý stav oděrů na síti) nebo kvazi-dynamickou (řeší posloupnost statických analýz) simulaci hydraulických parametrů a kvality vody v tlakové trubní síti. Tato trubní síť může obsahovat úseky, uzly (spojující úseky), čerpadla, ventily, vodojemy a nádrže. TUHOVČÁK [20] uvádí, že u programu Epanet 2 se jedná o matematický model řízený odběrem. Dále uvádí i postup hydraulického výpočtu u modelů řízených odběrem. Nejprve se stanoví uzlové odběry, čímž se definují požadavky na dopravované množství vody a průtoky jednotlivými úseky. Poté se počítají tlakové ztráty v každém úseku a je stanoven hydrodynamický přetlak v jednotlivých uzlech. Aplikuje se zde předpoklad, že požadovaný uzlový odběr se realizuje v plném rozsahu bez ohledu na tlak v síti, což však neodpovídá skutečnému chování tlakových systémů, kde odebíraný průtok je závislý na tlaku v síti. Může tak dojít ke generování záporných tlaků v uzlech při nesprávném nastavení modelu či vložení chybných vstupních dat.

Epanet Calibrator [18] je nástavba programu Epanet 2 vyvinutá brazilskou laboratoří Resan - Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Hidroinformática při univerzitě Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Software umožňuje minimalizaci rozdílů mezi tlaky a průtoky získanými z hydraulického modelu a tlaky a průtoky změřenými přímo na vodovodní síti. Kalibrační modul je založen na genetických algoritmech a kalibrace probíhá změnou koeficientů drsnosti a úniků vody.

4.1.1 Použité vstupní údaje

Topologie vodovodní sítě včetně profilů potrubí byla převzata z podkladů poskytnutých provozovatelem. Nadmořská výška jednotlivých uzlů sítě byla odečtena v programu ArcMap z online mapového podkladu ZABAGED. V matematickém modelu jsou zadány dva vodojemy. U obou vodojemů byla vypočtena půdorysná plocha ze známého objemu a maximální hladiny a následně vypočten průměr kruhu o stejné ploše, jelikož Epanet uvažuje nádrž kruhového půdorysu a vyžaduje zadání průměru nádrže. U obou vodojemů byla

také zadána závislost objemu na hloubce vody. Na síti se dále vyskytuje tlakový redukční ventil. Ventil byl nastaven na výstupní hodnotu tlaku 36,6 m, což odpovídá maximálním hodnotám databáze měření výstupního tlaku v tomto místě. Drsnost potrubí byla zadána součinitelem absolutní drsnosti potrubí. Hodnoty součinitele byly zvoleny dle tabulky prezentované TUHOVČÁKEM [21], viz Příloha 6. Pro potrubí plastové byla použita absolutní drsnost 0,01 mm, pro potrubí azbestocementové 0,4 mm a pro potrubí litinové 3 mm.



Obr. 4.1 Model vodovodní sítě města Slavkova v prostředí Epanet

Jelikož účel tohoto hydraulického modelu je spíše informativní, byl stanoven pouze jeden zatěžovací stav. Model zachycuje 24 hodinový časový úsek, kde se realizuje odběr obyvatelstvem a významnějšími odběrateli uvedenými v kapitole 2.2.3. Odběr pitné vody obyvatelstvem byl určen jako potřeba vody pro 6500 obyvatel při specifické denní potřebě vody 130 l/obyv./den. Tyto hodnoty by měly představovat i určitou rezervu v případě růstu počtu obyvatel v příštích letech. Koeficient denní nerovnoměrnosti byl zvolen 1,3 a koeficient hodinové nerovnoměrnosti 2,2. Maximální denní potřeba vody pro obyvatelstvo je tedy 1099 m³/den, maximální hodinová potřeba vody 101 m³/hod. Maximální hodinová potřeba vody

byla přiřazena časovému intervalu 19:00 až 20:00 hodin, zbylé hodinové potřeby vody byly zvoleny dle obvyklých zásad rozložení spotřeby během dne. Maximální spotřeby je dosahováno mezi 19. a 21. hodinou a to 9 - 13 % maximální denní spotřeby, minimální spotřeby vody jsou nejčastěji mezi 2. a 4. hodinou ranní a činí 0,8 - 1,5 % maximální denní spotřeby vody [20]. Potřeba vody pro obyvatelstvo byla rozdělena na jednotlivé uzlové odběry v síti s využitím metody redukovaných délek. Průměrná měsíční spotřeba vody významnějších odběratelů byla přepočtena na denní odběr při uvažování 20 pracovních dnů za měsíc. Dále byla denní spotřeba vody rozdělena na hodinové spotřeby dle provozní doby odběratelů. Tabulkový výpočet viz kapitola 4.2.

Pro kalibraci modelu byla použita vybraná data poskytnutá pracovníkem dispečinku VaK Vyškov a.s. Jednalo se o tlak před a za tlakově redukčním ventilem, průtok přes tento ventil, přítok a odtok z VDJ Slavkov I. Kalibrační modul byl nastaven na minimalizaci rozdílu tlaků a průtoků mezi vypočtenými a kalibračními daty změnou drsnosti potrubí.

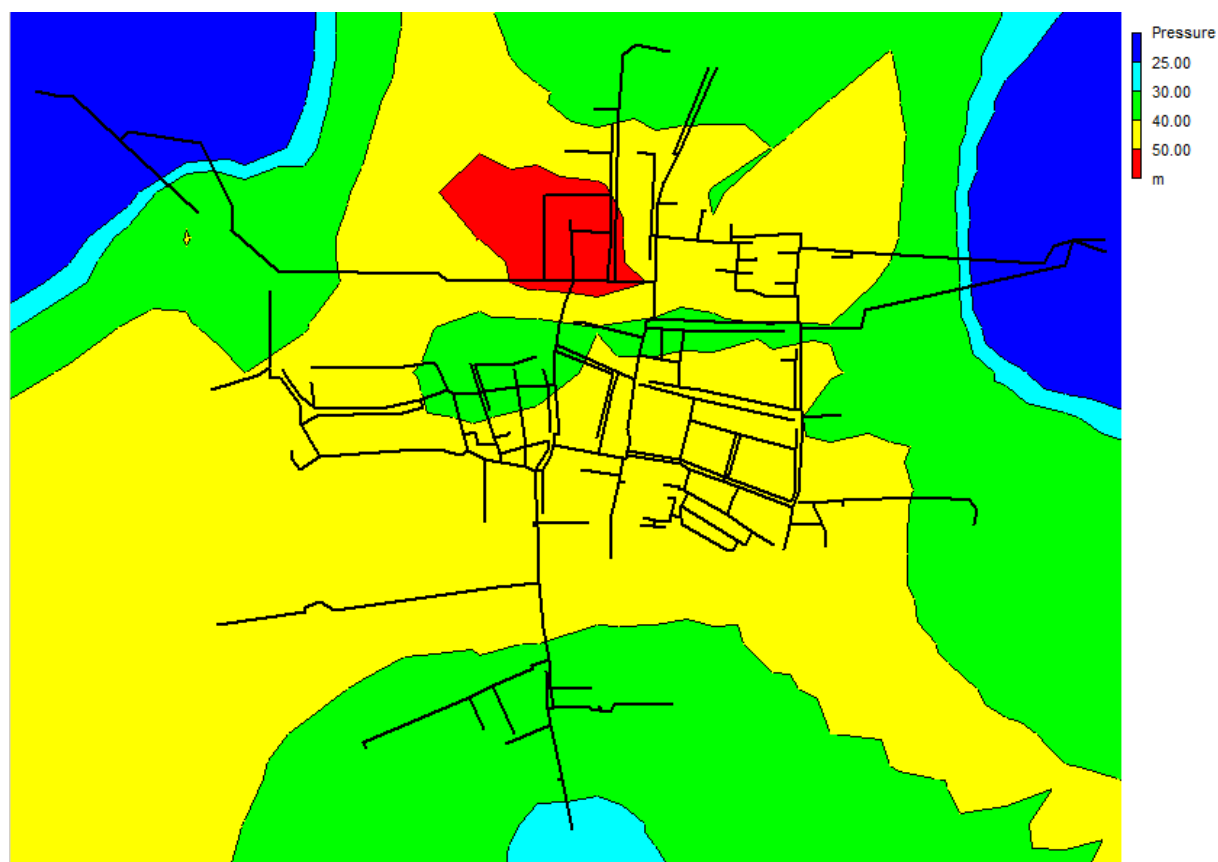
4.1.2 Výstupní údaje

Z množství informací, které nabízí software Epanet po proběhnutí výpočtu, byly využity zejména informace o tlakových poměrech a rychlosti proudění vody v potrubí. Pro účely metodiky hodnocení technického stavu vodovodní sítě byl posouzen hydrostatický tlak (Obr. 4.2) a maximální hydrodynamický tlak (Obr. 4.3). Kontrola rychlosti proudění vody v síti byla provedena za účelem ověření hydraulické kapacity potrubí. Vysoká rychlost proudění vody by signalizovala nedostatečnou kapacitu daného úseku. Rychlost vody však v žádném úseku nepřesáhla hodnotu 1 m/s, lze tak usuzovat na dostatečnou kapacitu trubních úseků vodovodní sítě. V případě sanačních opatření tak lze připustit zmenšení profilu potrubí, to je však vhodné ověřit pro konkrétní případ výpočtem. Zmenšení profilu potrubí by bylo vhodné z hlediska malých rychlostí vody dosahovaných ve většině úseků sítě a z toho plynoucí delší doby zdržení vody v potrubí. Toto je však věcí vlastníka a provozovatele vodovodní sítě. Kromě nízkých rychlostí vody byl matematickým modelem zjištěn už pouze pokles hydrodynamického tlaku v době maximálního odběru na hodnotu okolo 32 m v. sl. na sídlišti Nádražní a na hodnotu 25 m v. sl. v severní části ulice Jiráskova.

Model vodovodní sítě ve formátu souboru aplikace EPANET je k dispozici na přiloženém CD nosiči.



Obr. 4.2 Izopásma hydrostatického tlaku



Obr. 4.3 Izopásma maximálního hydrodynamického tlaku

4.2 VÝPOČET VSTUPNÍCH DAT PRO SOFTWARE EPANET

Pro potřeby hydraulického modelu byla vypočtena potřeba vody v průběhu dne. Vychází z potřeby vody pro obyvatelstvo a známé spotřeby vody stávajícími velkoodběrateli. Slovní popis výpočtu uveden již v kapitole 4.1.1.

4.2.1 Potřeba vody pro obyvatelstvo

PO =	6500	
$q_{sp} =$	130	l/obyv./den
$k_d =$	1,3	
$k_h =$	2,2	
Qp =	845,0	m³/den $Qp = PO * q_{sp}$
Qm =	1098,5	m³/den $Qm = Qp * k_d$
Qh =	100,7	m³/hod $Qh = Qm * k_h$

Hodina dne	% Qm	Q _i [m3/hod]
0-1	1,6	17,6
1-2	1,3	14,3
2-3	0,9	9,9
3-4	1,5	16,5
4-5	3,0	33,0
5-6	4,2	46,1
6-7	5,0	54,9
7-8	5,0	54,9
8-9	5,0	54,9
9-10	4,6	50,5
10-11	4,2	46,1
11-12	4,6	50,5
12-13	4,6	50,5
13-14	4,8	52,7
14-15	4,6	50,5
15-16	4,6	50,5
16-17	4,6	50,5
17-18	5,0	54,9
18-19	6,5	71,4
19-20	9,2	100,7
20-21	5,4	59,3
21-22	4,6	50,5
22-23	3,2	35,2
23-24	2,0	22,0
Σ	100,0	1098,1

Qm =	1098,5	m³/den	
Qh =	100,7	m³/hod	Qh = max (Q_i)

4.2.2 Spotřeba vody velkoodběrateli

Odběratel		Měsíční spotřeba	Denní spotřeba
		[m ³ /měs.]	[m ³ /den]
1	Lohman & Rauscher, s.r.o.	1 500	75,0
2	Devro, s.r.o.	1 200	60,0
3	SNDI, s.r.o.	250	12,5
4	Dialyzační středisko	240	12,0
5	Pekárna Herold	200	10,0

	Odběratel:	Rozdělení spotřeby vody do směn [m ³ /směna]				
		1	2	3	4	5
Směna	1. směna	35,0	30,0	7,5	12,0	2,0
	2. směna	20,0	15,0	5,0	0,0	0,0
	3. směna	20,0	15,0	0,0	0,0	4,7

	Odběratel:	Rozdělení spotřeby vody do hodin dne [m ³ /hod]				
		1	2	3	4	5
1. směna	6-7	4,38	3,75	0,94	0,00	0,20
	7-8	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
	8-9	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
	9-10	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
	10-11	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
	11-12	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
	12-13	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
	13-14	4,38	3,75	0,94	1,20	0,20
2. směna	14-15	2,50	1,88	0,63	1,20	0,00
	15-16	2,50	1,88	0,63	1,20	0,00
	16-17	2,50	1,88	0,63	1,20	0,00
	17-18	2,50	1,88	0,63	0,00	0,00
	18-19	2,50	1,88	0,63	0,00	0,00
	19-20	2,50	1,88	0,63	0,00	0,47
	20-21	2,50	1,88	0,63	0,00	0,47
	21-22	2,50	1,88	0,63	0,00	0,47
3. směna	22-23	2,50	1,88	0,00	0,00	0,47
	23-24	2,50	1,88	0,00	0,00	0,47
	0-1	2,50	1,88	0,00	0,00	0,47
	1-2	2,50	1,88	0,00	0,00	0,47
	2-3	2,50	1,88	0,00	0,00	0,47
	3-4	2,50	1,88	0,00	0,00	0,00
	4-5	2,50	1,88	0,00	0,00	0,00
	5-6	2,50	1,88	0,00	0,00	0,00

5 ZÁVĚR

V rámci této práce byla provedena rekognoskace vodovodní sítě města Slavkova u Brna. Součástí této rekognoskace byla analýza trubních materiálů vodovodní sítě, analýza stárí trubních úseků, posouzení ztrát vody a vyhodnocení poruchovosti. Následně bylo provedeno hodnocení technického stavu vodovodní sítě dle zvolené metodiky. Poté bylo s využitím software CARE-W LTP RSM navrženo několik technicko-ekonomických alternativ obnovy vodovodní sítě města Slavkova. Dále byl zpracován návrh obnovy konkrétního zvoleného úseku vodovodní sítě. Dle mého názoru tak byly naplněny úkoly vytyčené v úvodu této práce.

Z rekognoskace vodovodní sítě vyplynulo, že i přes určité technické nedostatky vykazuje řešená vodovodní síť dobré provozní vlastnosti. Tím je myšlena nízká poruchovost a velmi nízká úroveň ztrát vody. Z hlediska trubních materiálů je problematickým potrubí z azbestocementu. A to jak z hlediska zdravotního rizika pro pracovníky tak z hlediska stárí. Stárí AC potrubí dosahuje 33 až 46 let, přičemž udávaná [22] životnost AC potrubí je 20 - 35 let. Hranici teoretické životnosti výrazně přesahuje pouze AC potrubí, z ostatních trubních materiálů se ke své hranici živosti pouze přibližuje cca 800 m PE potrubí a 1300 m PVC potrubí. Z hlediska ztrát vody vykazuje řešená vodovodní síť velmi dobré vlastnosti. Všechny vypočtené ukazatele ztrát vody (VNF, JÚVNF, VNFP) dosahují velmi dobrých hodnot. Poruchy se vyskytují na různých místech celé sítě, ale je zde několik úseků, kde je výskyt poruch četnější. Jedná se o část řadu 5 v ulici Jiráskova, dále část řadu 6 v ulici Tyršova a řad 7 - 3 na sídlišti Zlatá Hora. U všech těchto řadů dochází na potrubí k tvorbě podélných trhlin. Poruchovou je také část řadu 1 - 6, kde se vyskytují poruchy typu příčného lomu. Zvolená metodika hodnocení technického stavu ohodnotila pouze stav řadů 5 a 2-3 jako kritický. Ostatní řady vodovodní sítě jsou dle metodiky v „průměrném“ nebo lepším technickém stavu.

V rámci další části práce byl proveden návrh dlouhodobé strategie obnovy vodovodní sítě města Slavkova pro období let 2012 až 2027. V programu CARE-W LTP RSM byla nejprve vypočtena potřeba obnovy vodovodní sítě v daném období. Pokud s touto potřebou srovnáme scénář obnovy vycházející z předpokladů financování obnovy společností VaK Vyškov, zjistíme, že předpokládaná investice 0,8 - 1 mil. Kč ročně do obnovy vodovodní sítě Slavkova je nedostatečná. Nadále bude docházet ke značnému nárůstu průměrného stárí vodovodní sítě, což povede v budoucnu ke zvyšování četnosti poruch, zvyšování ztrát vody a přesunu finanční zátěže na příští generace. Z hlediska udržitelnosti je nezbytné průběžně

provádět obnovu vodovodní sítě v přiměřené výši. Pro síť Slavkova se tato hodnota pohybuje okolo 1,7 % vodovodní sítě ročně, ovšem až po odstranění zátěže představované dosluhujícím azbestocementovým potrubím. Bylo navrženo několik strategií obnovy sítě pro dané období zohledňujících požadavky VaK Vyškov a vypočtenou potřebu obnovy. Po srovnání vybraných návrhů z hlediska nákladů na obnovu se jako nejvýhodnější jeví návrh č. 3 - průběžná obnova vodovodní sítě s využitím cementace litinového potrubí.

Na základě zjištění plynoucích z této práce se doporučuje:

- přehodnotit plánované investice do obnovy vodovodní sítě, které byly vyhodnoceny jako naprosto nedostatečné, a usilovat o jejich zvýšení;
- aby bylo zabráněno neustálému stárnutí vodovodní sítě, je vhodné aplikovat navrženou strategii obnovy, či se jí alespoň co nejvíce přiblížit;
- věnovat se výměně potrubí z azbestocementu, které již nyní přesahuje hranici teoretické životnosti;
- z ekonomického hlediska zvážit brzkou výměnu řadů s častým výskytem poruch.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Česká republika. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/legislativa/uplna-zneni-pravnich-predpisu/zakon-vodovody-kanalizace/zakon-2001-274-viceoblasti.html>
- [2] Český statistický úřad [online]. c2011 [cit. 2011-10-17]. Obyvatelstvo | ČSÚ Jihomoravský kraj. Dostupné z WWW: < <http://www.brno.czso.cz/x/krajedata.nsf/oblast2/obyvatelstvo-xb> >.
- [3] Český statistický úřad [online]. c2011, 19.9.2011 [cit. 2011-11-25]. Okres Vyškov | ČSÚ Jihomoravský kraj. Dostupné z WWW: <http://www.czso.cz/xb/redakce.nsf/i/okres_vyskov>.
- [4] Drinking Water Software: EPANET. US Environmental Protection Agency. [cit. 2011-12-26]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>
- [5] KOČÍ, Michal. Vyškovský deník [online]. 14. 6. 2010 [cit. 2011-11-26]. Čtrnáct obcí Vyškovska bylo úplně bez vody. Dostupné z WWW: <http://vyskovsky.denik.cz/zpravy_region/ctrnact-obci-vyskovska-bylo-uplne-bez-vody20100614.html>.
- [6] KUBEŠ, Jiří. Výměna vodovodního potrubí z azbestocementových trub. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací. červenec 2005, 14, 7-8/2005, s. 44-45. Dostupný také z WWW: <http://www.sovak.cz/sites/File/casopis_cela_cisla_2005/7_05.pdf>.
- [7] LIFKA, Valdemar – ústní sdělení (vedoucí Střediska 03 Slavkov, VaK Vyškov), dne 17. října 2011
- [8] LOVECKÝ, Stanislav - telefonické sdělení (vedoucí oddělení sanace potrubí, Brochier s.r.o.), dne 20. 12. 2011
- [9] Místopisný průvodce po České republice [online]. c2009 [cit. 2011-10-17]. Slavkov u Brna - Současnost obce a občanská vybavenost. Dostupné z WWW: < http://www.mistopisy.cz/soucasnost_slavkov-u-brna_7630.html >
- [10] OSTRÝ, Bohuslav - ústní sdělení (vedoucí střediska Úpravna vody Lhota, VaK Vyškov), dne 29. března 2011
- [11] Portál eAGRI - resortní portál Ministerstva zemědělství [online]. c2009-2011 [cit. 2011-11-27]. Vodovody a kanalizace (Dotace, eAGRI). Dostupné z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/vodovody-a-kanalizace/>>.
- [12] Povodí Moravy, s.p. [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Vodní nádrž Opatovice. Dostupné z WWW: < <http://www.pmo.cz/vodni-dila/opatovice/> >.
- [13] Pöyry [online]. 2007, Duben 2011 [cit. 2011-04-11]. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje. Dostupné z WWW: < <http://www.poyry.cz/prvkjm/> >.

-
- [14] *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury - aktualizace 2008*. 2. vyd. Brno: Ústav územního rozvoje Brno, 2008. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/publikace/metodickeprirucky/plnezneni/vesnice-11-ceny-ti-2008/vesnice-11-ceny-ti-2008.pdf>
- [15] RACLAVSKÝ, Jaroslav. VUT V BRNĚ. *Seminář: Plánování rekonstrukcí kanalizačních sítí*. Presentace, 37 stran.
- [16] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Brno: VUT v Brně, 2006.
- [17] *Radeton - trasování kabelů a potrubí, úniky vody a plynu* [online]. c2010 [cit. 2011-12-08]. Multikorelační systém Enigma. Dostupné z WWW: <<http://www.radeton.cz/produkt/multikorelacni-system-enigma/category/68>>.
- [18] Resan Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Hidroinformática. *Epanet Calibrator: User Guide*. Dostupné z: < <http://www.resan.ufms.br/resantools/tutorial.pdf> >
- [19] ROSTUM, Jon, Mark KOWALSKI a Jo HULANCE. *User manual: CARE-W Rehab Manager*. Trondheim, January 2004. Dostupné z: <[http://www.sintef.no/uploadpages/24472/D14 User manual Help CARE-W.pdf](http://www.sintef.no/uploadpages/24472/D14%20User%20manual%20Help%20CARE-W.pdf)>
- [20] TUHOVČÁK, Ladislav; ADLER, Pavel; KUČERA, Tomáš. *Vybrané statě z vodárenství : Studijní opory*. Brno, 2008. 182 s.
- [21] TUHOVČÁK, Ladislav, *BP52 - Čerpací stanice (přednáška)*, Brno, FAST VUT v Brně, zimní semestr 2009/2010.
- [22] TUHOVČÁK, Ladislav, *CP53 - Vybrané statě z vodárenství (přednáška)*, Brno, FAST VUT v Brně, letní semestr 2010/2011.
- [23] ÚRS PRAHA, A.S. *Rozpočtové ukazatele 2011: Ukazatele průměrné rozpočtové ceny na měrovou a účelovou jednotku*. ISBN 978-80-7369-325-1.
- [24] VAK Vyškov a.s. [online]. 2011-10-03 [cit. 2011-10-10]. Kvalita vody ve vodovodech VAK Vyškov a.s. Dostupné z WWW: < <http://www.vakvyskov.cz/index.php?akce=zakaznici>>.

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Kvalita vody na výstupu z ÚV Lhota k 3. 10. 2011, zdroj [24]	7
Tab. 3.1 Životnost trubních materiálů, zdroj: TUHOVČÁK [22]	13
Tab. 3.2 Délka potrubí dle stáří a materiálu.....	14
Tab. 3.3 Meze kategorií TU 5 - stáří trubního materiálu [20]	18
Tab. 3.4 Průměrná poruchovost [20]	19
Tab. 3.5 Maximální hydrostatický tlak [20]	19
Tab. 3.6 Průměrný hydrodynamický tlak [20].....	19
Tab. 3.7 Technický stav vodovodní sítě města Slavkova.....	20
Tab. 3.8 Parametry trubních materiálů	25
Tab. 3.9 Srovnání vybraných strategií obnovy	37

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Vývoj počtu obyvatel města Slavkova v letech 1971 - 2010	4
Obr. 2.2 Schéma hlavních větví SV 601 Vyškov.....	8
Obr. 3.1 Zastoupení trubních materiálů vodovodní sítě města Slavkova	11
Obr. 3.2 Stáří vodovodní sítě města Slavkova dle materiálu	13
Obr. 3.3 Vyhodnocení poruch dle trubního materiálu.....	17
Obr. 3.4 Kufr Enigma, senzory a CD se softwarem, zdroj [17].....	17
Obr. 3.5 Technický stav vodovodní sítě města Slavkova.....	21
Obr. 3.6 Okno možností scénářů v budoucnu, dle [15].....	24
Obr. 3.7 Potřebná obnova délky potrubí dle jednotlivých materiálů	26
Obr. 3.8 Potřebná míra obnovy potrubí.....	26
Obr. 3.9 Potřebná míra obnovy celé sítě.....	27
Obr. 3.10 Obnova délky potrubí dle materiálu	28
Obr. 3.11 Vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti.....	28
Obr. 3.12 Míra obnovy celé sítě dle možností VaK Vyškov	29
Obr. 3.13 Obnova délky potrubí dle materiálu II.....	29
Obr. 3.14 Alternativa 1 - obnova délky potrubí dle materiálu	30
Obr. 3.15 Alternativa 1 - míra obnovy celé sítě.....	31
Obr. 3.16 Alternativa 1 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti	31
Obr. 3.17 Alternativa 2 - obnova délky potrubí dle materiálu	32
Obr. 3.18 Alternativa 2 - míra obnovy celé sítě.....	32
Obr. 3.19 Alternativa 2 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti	33
Obr. 3.20 Alternativa 3 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti	34
Obr. 3.21 Alternativa 4 - vývoj průměrného stáří a zbytkové životnosti	34
Obr. 3.22 Potřebná obnova délky potrubí dle materiálu (2027-2042)	35
Obr. 3.23 Potřebná míra obnovy celé sítě (2027-2042)	36
Obr. 4.1 Model vodovodní sítě města Slavkova v prostředí Epanet	42
Obr. 4.2 Izopásma hydrostatického tlaku	44
Obr. 4.3 Izopásma maximálního hydrodynamického tlaku	44

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AC ... trubní materiál - azbestocement (osinkocement)

bm ... metr běžný

DN ... jmenovitý profil [mm]

GG ... trubní materiál - šedá litina

GGG ... trubní materiál - tvárná litina

HDPE ... trubní materiál - vysokohustotní polyetylen

JUVNF ... jednotkový únik vody nefakturované [$\text{m}^3/\text{km}/\text{rok}$]

Ki ... koeficient pro přepočet délky řadů [-]

Lpřep ... přepočtená délka vodovodní sítě [km]

PE ... trubní materiál - polyetylen

PRV ... tlakově redukční ventil

PVC ... trubní materiál - polyvinylchlorid

SV ... skupinový vodovod

ÚV ... úpravna vody

VDJ ... vodojem

VFC ... voda fakturovaná celkem [m^3/rok]

VNF ... procento vody nefakturované [%]

VNF_{celk} ... voda nefakturovaná celkem

VNFP ... voda nefakturovaná na přípojku [l/přípojku/den]

VVR ... voda vyrobená k realizaci [m^3/rok]

SEZNAM PŘÍLOH

Vyvázané přílohy

Příloha A1: Výpis trubních úseků vodovodní sítě.....	57
Příloha A2: Vybrané údaje z databáze poruch.....	61
Příloha A3: Hodnocení technického stavu dle metodiky.....	62
Příloha A4: Výchozí stav vodovodní sítě Slavkova u Brna dle CARE-W LTP RSM.....	66
Příloha A5: Délka obnovy vodovodní sítě dle materiálů.....	71
Příloha A6: Doporučené hodnoty výpočtových součinitelů drsnosti potrubí, zdroj [21].....	73

Vložené přílohy

Příloha B1: Slavkov u Brna - přehledná situace vodovodní sítě M1:5 000	
Příloha B2: Slavkov u Brna - trubní materiály vodovodní sítě M1:10 000	
Příloha B3: Slavkov u Brna - stáří vodovodní sítě M1:10 000	
Příloha B4: Slavkov u Brna - technický stav vodovodní sítě M1:10 000	
Příloha B5: Situace obnovy vybraného úseku vodovodní sítě M1:1000	

SUMMARY

Within this thesis was carried out a reconnaissance of water distribution network of the city of Slavkov u Brna. The reconnaissance consists of: age analysis of piping materials; water losses evaluation; failure rate evaluation. Then was done a condition assessment of water supply network according to a chosen methodology. Using CARE-W LTP RSM software were projected a few technical-economic alternatives of rehabilitation of water network of the city of Slavkov u Brna. Then was prepared a project of rehabilitation of chosen section of water network. The work resulted in recommendations for the owner and operator of the water network of the city of Slavkov u Brna.

According to this thesis, the water network has a low failure rate and low level of water losses. The only significant problem is the large proportion of asbestos-cement pipes. Expected investments in the rehabilitation of water network are from 0,8 to 1 million CZK per year. In this work it was shown that this amount is insufficient. A few recommendations resulted from this thesis:

- reconsider planned investments and seek to increase them;
- apply the proposed rehabilitation strategy to avoid average age increase;
- to start replacement of asbestos-cement pipes, which already exceeds the theoretical limit of service life;
- to consider an early exchange of mains with high failure rate from an economic point of view.

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A1: Výpis trubních úseků vodovodní sítě

Název řadu	ID úseku	DN	Materiál	Délka úseku	Rok uložení	Stáří
[-]	[-]	[mm]	[-]	[m]	[rok]	[roky]
A	849	200	LT	217,8	1976	35
A	851	200	LT	250,5	1976	35
A	853	200	LT	931,6	1976	35
A	854	200	LT	319,0	1976	35
A	900	150	LT	107,3	1968	43
A	916	150	LT	423,7	1931	80
A	932	150	PVC	239,1	2000	11
A	1025	150	LT	21,9	1968	43
A	1365	175	LT	689,6	1932	79
A	1366	150	HDPE	231,4	2005	6
X B	885	150	AC	371,0	nezjištěno	nezjištěno
B	886	150	AC	620,9	1974	37
B-1	887	150	PVC	74,2	1985	26
X V	884	150	LT	329,7	nezjištěno	nezjištěno
X VR	1350	150	PVC	26,5	nezjištěno	nezjištěno
1	858	200	LT	199,4	1976	35
1	862	150	HDPE	112,4	2004	7
1	863	150	PVC	188,4	2004	7
1	1174	150	LT	162,2	1960	51
1	1175	150	LT	170,5	1960	51
1	1177	150	LT	134,8	1960	51
1	1178	150	PVC	128,7	1988	23
1	1180	100	PVC	184,3	1988	23
1	1186	80	PVC	317,4	1988	23
1-1	1111	150	LT	293,8	1975	36
1-1-1	1127	100	PVC	139,3	1962	49
1-1-2	1129	40	PE	48,6	1996	15
1-1-3	1679	100	PVC	59,2	2004	7
1-1-4	1151	100	PVC	262,6	1988	23
1-1-5	1140	80	LT	56,4	1932	79
1-1-5	1688	100	PVC	158,4	2004	7
1-1-6	1693	100	PVC	90,5	2004	7
1-1-7	1153	100	PVC	127,4	2003	8
1-1-8	1690	100	PVC	56,1	2008	3
1-2	1130	80	LT	125,5	1935	76
1-3	1100	150	PVC	207,6	2004	7
1-3	1157	150	PVC	199,6	2004	7
1-3	1161	100	PE	546,0	1987	24
1-3-1	1135	100	PVC	289,6	2001	10
1-3-2	1145	50	LT	81,9	1970	41
1-3-3	1166	80	HDPE	187,1	2010	1
1-3-4	1121	125	LT	95,6	1932	79
1-3-4	1122	80	LT	55,8	1932	79
1-3-4	1123	80	LT	231,1	1932	79

Název řadu	ID úseku	DN	Materiál	Délka úseku	Rok uložení	Stáří
[-]	[-]	[mm]	[-]	[m]	[rok]	[roky]
1-3-4	1169	100	AC	438,3	1975	36
1-3-4	1170	100	PVC	173,1	1996	15
1-3-5	1158	100	PVC	468,4	1985	26
1-3-6	1164	40	PE	75,0	1985	26
1-3-7	1173	100	PVC	132,3	1996	15
1-3-8	1125	80	LT	184,7	1998	13
1-3-9	1930	100	PVC	61,7	1996	15
1-3-9	1934	100	HDPE	328,0	2010	1
1-4	1138	100	PVC	175,7	1970	41
1-5	1194	150	AC	171,9	1974	37
1-6	1196	100	LT	128,5	1970	41
1-6	1198	100	LT	268,1	1970	41
1-6	1321	100	PVC	590,5	2007	4
1-7	1206	150	PVC	632,0	1986	25
1-7-1	1210	100	AC	154,1	1967	44
1-7-2	1208	80	LT	109,0	1967	44
1-8	1202	100	PVC	124,1	1988	23
1-9	1191	100	O	159,0	1950	61
1-9	1192	100	PVC	56,6	1988	23
1-9	1200	100	O	185,0	1950	61
1-10	1189	100	LT	149,5	1967	44
X 1-12	1211	100	PVC	17,7	nezjištěno	nezjištěno
X 1-12	1212	80	PVC	1274,2	nezjištěno	nezjištěno
1-13	1000	100	LT	184,4	1975	36
1-13	1380	80	LT	201,0	1959	52
1-14	1190	150	PVC	112,0	1988	23
2	867	150	LT	206,7	1959	52
2	868	150	LT	21,2	1959	52
2	870	150	LT	190,5	1970	41
2	873	150	LT	323,5	1970	41
2	876	150	LT	264,5	1958	53
2	878	150	PE	16,8	1999	12
2	1023	150	LT	245,6	1958	53
2-1	1026	80	PE	114,8	1999	12
2-2	1077	150	PVC	150,7	1986	25
2-2	1078	100	PVC	67,1	1986	25
2-2	1082	100	PE	48,7	1999	12
2-2-1	1083	100	PVC	75,8	1986	25
2-2-2	1084	100	HDPE	68,6	2010	1
2-2-3	1086	100	AC	543,5	1965	46
2-3	1057	100	AC	94,1	1971	40
2-4	1036	100	AC	142,5	1972	39
2-4-1	1039	100	AC	134,9	1972	39
2-4-3	1045	100	AC	2,5	1972	39
2-5	1088	100	PVC	81,9	1996	15
2-5-1	1095	50	PE	116,8	1996	15
2-5-2	1091	80	PVC	230,2	1996	15
3	920	150	PVC	249,4	1986	25
3	921	100	PE	201,3	1985	26

Název řadu	ID úseku	DN	Materiál	Délka úseku	Rok uložení	Stáří
[-]	[-]	[mm]	[-]	[m]	[rok]	[roky]
4	939	100	AC	266,7	1974	37
4	924	100	PE	201,6	1983	28
4-1	927	100	PVC	146,9	1997	14
4-1	930	100	PVC	117,4	1997	14
4-1-1	928	100	PVC	36,1	1997	14
4-2	942	100	PVC	138,2	1985	26
5	937	100	PVC	360,9	1983	28
5	938	100	PVC	150,7	1983	28
5	1322	100	PVC	319,6	2007	4
5-1	1370	80	PVC	68,6	2006	5
6	899	150	LT	137,0	1968	43
6	946	150	PVC	151,0	1977	34
6	947	150	PVC	278,6	1977	34
6-1	952	150	PVC	12,8	1977	34
6-1	954	100	PVC	239,1	1977	34
6-1-1	956	100	AC	71,2	1978	33
6-2	951	80	PVC	57,1	1997	14
6-3	949	100	PVC	284,0	1977	34
7	892	150	LT	270,1	1968	43
7	897	150	LT	217,1	1968	43
7-1	958	100	PVC	98,4	1996	15
7-2	1383	100	PE	41,4	1980	31
7-3	961	100	LT	92,5	1974	37
7-3	963	100	PE	156,8	1980	31
7-3-1	968	100	PE	44,1	1980	31
7-3-2	970	100	PE	63,5	1980	31
7-3-3	973	100	PE	45,1	1980	31
7-3-4	974	100	PE	62,4	1980	31
8	890	150	AC	154,4	1974	37
8	912	150	LT	228,3	1974	37
8-1	910	40	PE	79,0	1988	23
8-2	976	100	LT	65,8	1974	37
8-3	975	100	LT	65,1	1974	37
9	901	150	LT	193,3	1968	43
9	1020	150	LT	224,2	1962	49
9-1	980	100	PE	406,2	1978	33
9-2	991	100	AC	213,4	1977	34
9-3	985	100	LT	119,6	2009	2
9-3-1	988	100	LT	90,0	2009	2
9-4	994	150	LT	255,0	1958	53
9-4-1	1379	100	LT	245,7	1957	54
9-5	1008	100	LT	157,6	1970	41
9-5	1010	100	AC	192,7	1970	41
9-5	1012	100	AC	300,7	1970	41
9-5-1	1042	100	HDPE	347,1	2004	7
9-5-1	1260	100	HDPE	222,4	2005	6
9-5-2	1031	80	LT	326,2	1932	79
9-5-3	1013	100	AC	171,5	1974	37
10	1003	100	AC	351,5	1975	36

Název řadu	ID úseku	DN	Materiál	Délka úseku	Rok uložení	Stáří
[-]	[-]	[mm]	[-]	[m]	[rok]	[roky]
10	1005	100	LT	107,8	1992	19
10-1	1017	100	AC	183,1	1975	36
10-1-1	1326	80	PVC	47,4	2007	4
10-2	981	100	PVC	171,2	2009	2
12	1047	100	AC	67,8	1971	40
12	1051	100	LT	308,1	1976	35
12-1	1060	100	PVC	71,7	1996	15
13	1068	100	LT	303,7	1976	35
14	1064	100	LT	254,3	1976	35
14-1	1069	100	PVC	125,2	2005	6
14-1-1	1074	100	PVC	25,9	2005	6
14-1-1	1372	80	PVC	46,8	2005	6
14-1-2	1428	80	PVC	53,8	2005	6
14-1-3	1432	80	PVC	38,8	2005	6
15	918	50	PE	316,7	1988	23

Pozn.: řady označené "X" jsou odstaveny z provozu.

PŘÍLOHA A2: Vybrané údaje z databáze poruch

ID poruchy	Místo poruchy	Datum hlášení	Ulice	Číslo popisné	Typ poruchy					Materiál a DN		Délka výměny [m]	Krycí hloubka [m]	Popis poruchy	Způsob opravy
					Příčný zlom	Podešná trhлина	Koroze	Netěsný spoj	Jiná porucha	Před opravou	Po opravě				
116	potrubí	10.2.2008	Zlatá Hora	1354	x					PE 100	PVC 100			Voda ve sklepních prostorách	Výřez PE DN100 , výměna 2x roura PVC DN100
117	potrubí	5.1.2008			x			x		LT 100	PVC 100	0,8		Prasklé litinové hrdlo	Výřez potrubí, 2x VAGA spojka a 0,80m PVC DN100
118	přípojka	1.2.2008	Jiráskova	356										Zjištěno při kontrole těsnosti sítě	Výměna pasu DN100
119	přípojka	28.1.2008	Slováková	1270						LT				Nahlášen únik vody	Výměna pasu na přípojce
120	přípojka	10.3.2008	Husova	20						LT				Nahlášen únik vody	Koleno mosaz. 1" 1x
161	potrubí	3.4.2008	Polní	1194				x		LT 100				obyvatelé domu 1194 nahlásili mokry trávník	4x svorky, 1x těsnění DN80, X kus DN80
162	potrubí	2.4.2008	Tyršova	1107		x				PVC 150	PVC 150	1,5		hlášen únik vody	2x WAGA spojka DN150, 1,5m PVC DN150
163	potrubí	31.3.2008	Zlatá Hora	1352	x					PE 100	PE 100	2,0		diagnostikováno dispečinkem	2x WAGA příruba, 1x WAGA spojka, 1x šoupě, potrubí PE DN100 2m
168	potrubí	6.4.2008	Tyršova	1105		x				PVC 150		1,5		obyvatelé domu 1105 nahlásili poruchu	2x WAGA spojka DN150, 1x PVC DN150 1,5m
169	přípojka	9.4.2008	Čs. armády	245						LT				nahlásil majitel domu	1x pas LIT DN150, PE 3/4" 5,5m
192	přípojka	16.5.2008		624										nahlášen únik vody	Pas LT DN150
1281	potrubí	8.12.2008	Zlatá Hora	1353		x				PE 100	PE 100	2,0	1,2	Potrubí prasklé pod topným kanálem	Svařena shybka z PE, napojeno multitoleranční spojkou
1287	potrubí	12.12.2008	Špitálská	756		x				PVC 100	PVC 100	0,5		Majitel domu - voda ve sklepě	
1288	potrubí	12.12.2008	Čapkova	419			X			LT 80	PVC 82	0,5	1,0	Při provádění výkopových prací pro kanalizaci	Multitoleranční spojka - 2 ks,potrubí PVC 90 - 0,5m
1289	potrubí	12.12.2008	Čapkova	477				x		LT 80	LT			Zkorodovaný pas a přípojka	
1304	potrubí	5.1.2009	Brněnská		x					LT 150	LT 150			Vytékající voda z komunikace.	Půlený U-kus DN 150
1318	potrubí	19.1.2009	Bučovická	339	x					AC 100	PVC 100	1,0	1,2	Voda v šachtě, odtátý sníh nad místem poruchy.	Multitoleranční spojka - 2 ks, PVC potrubí - 1 m
1333	potrubí	30.1.2009				x	X			LT 175	PVC 200	1,0	2,0	Dispečink Vyškov	2 x ks multitoler. spojka DN 200, 1m potrubí PVC DN 200
1342	potrubí	25.2.2009	Čs. armády				X			LT 150	PVC 150	3,3	4,0	Hlášeno s dispečinku - zvýšený průtok	Výřez potrubí,vsazení Waga spojek 160,mezikus potrubí PVC 150
1389	potrubí	2.4.2009	Tyršova	1107		x				PVC	PVC 150	1,3	1,8	Hlášeno telefonicky od obyvatel	Výřez potrubí, spojka vaga DN 150 - 2ks,potrubí PVC DN 150 - 1,3m
1407	potrubí	17.4.2009	Jiráskova			x				PVC 100	PVC 100	0,6	1,2	Hlášeno obyvateli	Výřez na potrubí, UNPL DN 100, FNPL DN 100, potrubí PVC DN 100
1458	potrubí	15.5.2009	Jiráskova	356		x				PVC 100	PVC 100	1,0	1,2	Diagnostika - při kontrole těsnosti sítě	Výřez potrubí, vsazení U- kus DN 100 - 2 ks, potrubí PVC DN 100
1516	potrubí	7.7.2009	Jiráskova	1225					x	PVC 100	PVC			Únik vody z poklopku na přípojce	Výměna pasu
1615	potrubí	11.9.2009	Čs. armády			x				PE 150	PVC 150	1,5	1,6	Hlášeno obyvateli	Výřez potrubí, 2 x Vaga spojka DN 150,potrubí PVC DN 150 - 1,5m
1657	hydrant	14.10.2009	Zlatá Hora	1374						LT 80				Prasklý svařovaný spoj na T-kusu	Výřez PE potrubí DN 100 - .Navaření nové sestavy T-kus PE
1709	potrubí	16.11.2009	Za Branou					x		PVC 100				Porucha na přípojce	Výměna navrtávacího pasu
1716	potrubí	30.11.2009	Tyršova	1095		x				PVC 150	PVC 150	1,2	1,3	Hlášeno z dispečinku - zvýšený noční průtok	Výřez potrubí,2 x Vaga spojka,potrubí PVC DN 150,přípojkový pas
1758	potrubí	14.1.2010	Nádražní		x					AC 80	PVC 82	2,6	1,7	Hlášeno dispečinkem	Výřez potrubí, 2 x Waga spojka, 2,6 m PVC potrubí
1797	potrubí	4.2.2010	Tylova				X			LT 100				Oprava isiflo spojky na vodovodní přípojce	
1803	potrubí	8.2.2010	Husova	63	x					LT 100				Hlášeno z dispečinku	Multitoleranční půlený U- kus
1826	potrubí	2.3.2010	Jiráskova	690		x				PVC 100	PVC	1,0		Vytékající voda u vjezdu	výřez
1879	potrubí	19.3.2010			x					LT 100	HDPE 100	1,0	1,5	Hlášeno z dispečinku	Výřez potrubí, 2 x Waga spojka, 1m potrubí HDPE d 110
1884	potrubí	19.3.2010			x					LT 100	LT		4,6	Hlášeno z dispečinku - zvýšený noční průtok	segmentová objímka Hawle DN 100
1885	potrubí	22.3.2010	Husova		x					LT 100	LT 100		1,2	Hlášeno z dispečinku	Půlený opravný kus Hawle DN 100
1915	potrubí	6.4.2010	Špitálská	774			X			PE 100	PE 100	1,0	1,2	Koroze na sekčním šoupěti DN 100	Výřez na potrubí, 2 x UNPL DN 100 , potrubí PE DN 100 - 1 m
1933	potrubí	12.4.2010						x		LT 250	LT 250		2,5	Při kontrole vzdušníku zjištěn únik na potrubí	Přetěsnění hrdla potrubí LT DN 250
1936	potrubí	12.4.2010	Bezručova	872			X		x	LT 80	LT 80			Koroze na navrt. pasu DU	Výměna pasu
1981	potrubí	17.5.2010	Foerstrova	912	x					AC 100	AC 100			Hlášeno z dispečinku	Multitoleranční U-kus Hawle
2605	potrubí	22.9.2010	Zlatá Hora			x				PE 100	PVC 100	1,0	1,5	Hlášeno obcí	výřez potrubí, vsazení nového PVC potrubí, 2x UNPL 110
2610	přípojka	23.9.2010	Kaunicova		x					LT 80	LT 80		1,4	Hlášeno obcí, přípojka pro stadion	Multitoleranční půlený U-kus DN80
2715	potrubí	4.11.2010	Slovanská	997		x				LT 150	PVC 150	1,0	1,5	Hlášeno obcí	výřez potrubí, vsazení PVC potrubí, 2x VAGA spojka DN150
2944	potrubí	25.1.2011	Čs. armády					x		LT 150	LT 150		1,5	Hlášeno obcí	výměna netěsného připojovacího pasu DN150/1"
3053	přípojka	14.2.2011	Kaunicova		x					LT DN 80	LT 80		1,4	Hlášeno obcí, přípojka pro stadion	Multitoleranční půlený U-kus DN80
3422	hydrant	27.6.2011								LT 80	LT 80			Při odkalování došlo k poruše na hydrantu	výměna hydrantu

PŘÍLOHA A3: Hodnocení technického stavu dle metodiky

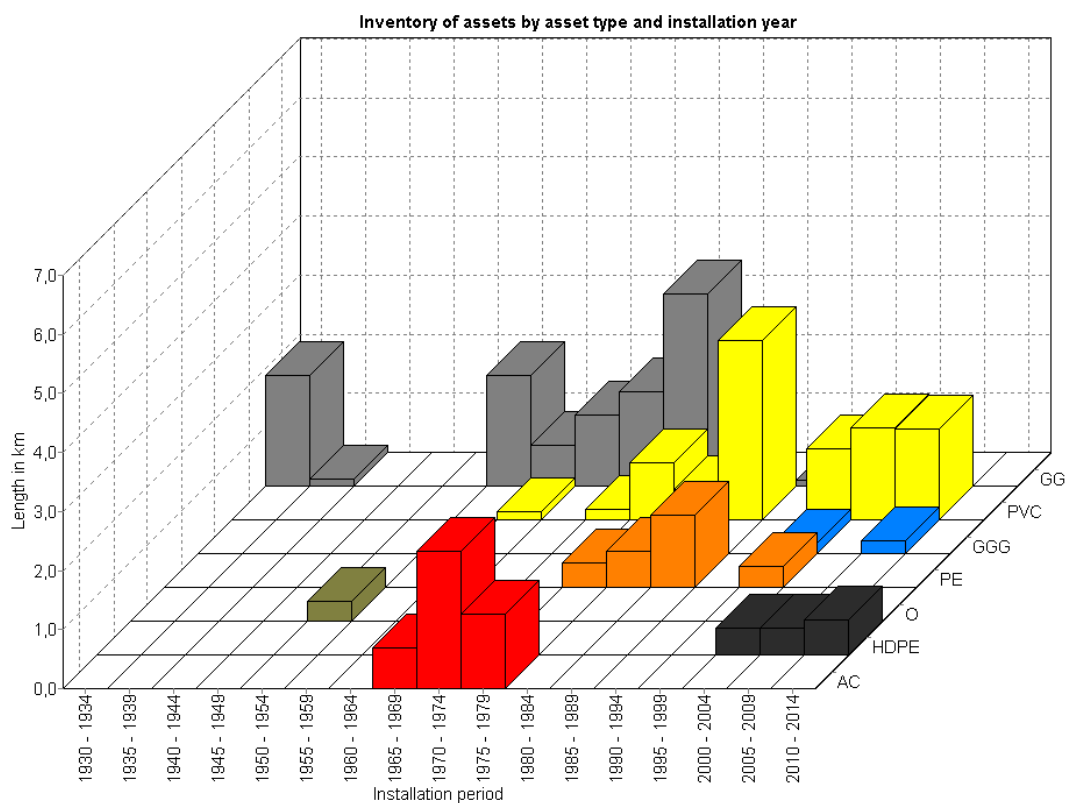
Název řadu	ID úseku	DN [mm]	Materiál	Rok uložení	Stáří [roky]	TU5 Stáří	TU6 Poruchovost				TU8 Tlakové poměry					Výsledné hodnocení
							počet poruch	L [km]	P [p/km/rok]	K 1-5	Hydrostatický tlak [m]	K 1-5	Hydrodynamický tlak [m]	K 1-5	K 1-5	
A	849	200	LT	1976	35	1			0	1	20	1	15	1	1	1
A	851	200	LT	1976	35	1			0	1	21	1	15	1	1	1
A	853	200	LT	1976	35	1			0	1	53	3	35	1	2	1
A	854	200	LT	1976	35	1			0	1	59	3	53	3	3	2
A	900	150	LT	1968	43	2			0	1	20	1	35	1	1	1
A	916	150	LT	1931	80	4			0	1	41	1	35	1	1	2
A	932	150	PVC	2000	11	1			0	1	62	4	53	3	4	2
A	1025	150	LT	1968	43	2			0	1	42	1	35	1	1	1
A	1365	175	LT	1932	79	3	1	0,690	0,4	3	40	1	35	1	1	2
A	1366	150	HDPE	2005	6	1			0	1	42	1	35	1	1	1
B	886	150	AC	1974	37	3			0	1	57	3	35	1	2	2
B-1	887	150	PVC	1985	26	2			0	1	30	1	20	1	1	1
1	858	200	LT	1976	35	1			0	1	40	1	35	1	1	1
1	862	150	HDPE	2004	7	1			0	1	40	1	35	1	1	1
1	863	150	PVC	2004	7	1			0	1	45	2	45	2	2	1
1	1174	150	LT	1960	51	2	2	0,467	1,2	5	47	2	45	2	2	3
1	1175	150	LT	1960	51	2				5	48	2	45	2	2	3
1	1177	150	LT	1960	51	2				5	48	2	45	2	2	3
1	1178	150	PVC	1988	23	2			0	1	44	1	35	1	1	1
1	1180	100	PVC	1988	23	2			0	1	40	1	35	1	1	1
1	1186	80	PVC	1988	23	2	1	0,317	0,9	5	37	1	35	1	1	3
1-1	1111	150	LT	1975	36	1	1	0,294	1,0	5	42	1	35	1	1	2
1-1-1	1127	100	PVC	1962	49	3			0	1	44	1	45	2	2	2
1-1-2	1129	40	PE	1996	15	1			0	1	41	1	35	1	1	1
1-1-3	1679	100	PVC	2004	7	1			0	1	42	1	35	1	1	1
1-1-4	1151	100	PVC	1988	23	2			0	1	40	1	35	1	1	1
1-1-5	1140	80	LT	1932	79	3			0	1	45	2	45	2	2	2
1-1-5	1688	100	PVC	2004	7	1			0	1	44	1	45	2	2	1
1-1-6	1693	100	PVC	2004	7	1			0	1	40	1	35	1	1	1
1-1-7	1153	100	PVC	2003	8	1			0	1	45	2	45	2	2	1
1-1-8	1690	100	PVC	2008	3	1			0	1	44	1	45	2	2	1
1-2	1130	80	LT	1935	76	3			0	1	48	2	45	2	2	2
1-3	1100	150	PVC	1985	26	2			0	1	46	2	45	2	2	2
1-3	1157	150	PVC	1985	26	2			0	1	46	2	45	2	2	2
1-3	1161	100	PE	1987	24	1			0	1	44	1	45	2	2	1
1-3-1	1135	100	PVC	2001	10	1			0	1	44	1	45	2	2	1
1-3-2	1145	50	LT	1970	41	2			0	1	45	2	45	2	2	2
1-3-3	1166	80	HDPE	2010	1	1			0	1	48	2	45	2	2	1
1-3-4	1121	125	LT	1932	79	3			0	1	46	2	45	2	2	2
1-3-4	1122	80	LT	1932	79	3			0	1	43	1	45	2	2	2
1-3-4	1123	80	LT	1932	79	3			0	1	42	1	35	1	1	2
1-3-4	1169	100	AC	1975	36	3			0	1	48	2	45	2	2	2

Název řadu	ID úseku	DN [mm]	Materiál	Rok uložení	Stáří [roky]	TU5 Stáří	TU6 Poruchovost				TU8 Tlakové poměry				Výsledné hodnocení	
							počet poruch	L [km]	P [p/km/rok]	K 1-5	Hydrostatický tlak [m]	K 1-5	Hydrodynamický tlak [m]	K 1-5		K 1-5
1-3-4	1170	100	PVC	1996	15	1			0	1	48	2	45	2	2	1
1-3-5	1158	100	PVC	1985	26	2			0	1	44	1	45	2	2	2
1-3-6	1164	40	PE	1985	26	1			0	1	46	2	45	2	2	1
1-3-7	1173	100	PVC	1996	15	1			0	1	48	2	45	2	2	1
1-3-8	1125	80	LT	1998	13	1			0	1	45	2	45	2	2	1
1-3-9	1930	100	PVC	1996	15	1	1	0,062	4,6	5	48	2	45	2	2	3
1-3-9	1934	100	HDPE	2010	1	1			0	1	46	2	45	2	2	1
1-4	1138	100	PVC	1970	41	3	1	0,176	1,6	5	46	2	45	2	2	3
1-5	1194	150	AC	1974	37	3	1	0,172	1,7	5	49	2	45	2	2	3
1-6	1196	100	LT	1970	41	2	4	0,397	2,9	5	48	2	45	2	2	3
1-6	1198	100	LT	1970	41	2				5	50	3	45	2	3	3
1-6	1321	100	PVC	2007	4	1			0	1	50	3	45	2	3	2
1-7	1206	150	PVC	1986	25	2			0	1	42	1	35	1	1	1
1-7-1	1210	100	AC	1967	44	4	1	0,154	1,9	5	42	1	35	1	1	3
1-7-2	1208	80	LT	1967	44	2			0	1	42	1	35	1	1	1
1-8	1202	100	PVC	1988	23	2			0	1	38	1	35	1	1	1
1-9	1191	100	O	1950	61	5			0	1	37	1	35	1	1	2
1-9	1192	100	PVC	1988	23	2			0	1	37	1	35	1	1	1
1-9	1200	100	O	1950	61	5			0	1	37	1	35	1	1	2
1-10	1189	100	LT	1967	44	2			0	1	37	1	35	1	1	1
1-13	1000	100	LT	1975	36	1	2	0,184	3,1	5	44	1	45	2	2	3
1-13	1380	80	LT	1959	52	2			0	1	46	2	45	2	2	2
1-14	1190	150	PVC	1988	23	2			0	1	39	1	35	1	1	1
2	867	150	LT	1959	52	2			0	1	45	2	45	2	2	2
2	868	150	LT	1959	52	2			0	1	45	2	45	2	2	2
2	870	150	LT	1970	41	2	1	0,514	0,6	4	45	2	45	2	2	3
2	873	150	LT	1970	41	2				4	45	2	45	2	2	3
2	876	150	LT	1958	53	2	1	0,265	1,1	5	45	2	45	2	2	3
2	878	150	PE	1999	12	1			0	1	45	2	35	1	2	1
2	1023	150	LT	1958	53	2			0	1	45	2	35	1	2	2
2-1	1026	80	PE	1999	12	1			0	1	44	1	35	1	1	1
2-2	1077	150	PVC	1986	25	2			0	1	44	1	45	2	2	2
2-2	1078	100	PVC	1986	25	2			0	1	44	1	45	2	2	2
2-2	1082	100	PE	1999	12	1			0	1	44	1	45	2	2	1
2-2-1	1083	100	PVC	1986	25	2			0	1	46	2	45	2	2	2
2-2-2	1084	100	HDPE	2010	1	1			0	1	44	1	45	2	2	1
2-2-3	1086	100	AC	1965	46	4			0	1	44	1	45	2	2	2
2-3	1057	100	AC	1971	40	4	1	0,094	3,0	5	47	2	45	2	2	4
2-4	1036	100	AC	1972	39	3			0	1	46	2	45	2	2	2
2-4-1	1039	100	AC	1972	39	3			0	1	46	2	45	2	2	2
2-4-3	1045	100	AC	1972	39	3			0	1	46	2	45	2	2	2
2-5	1088	100	PVC	1996	15	1			0	1	48	2	45	2	2	1
2-5-1	1095	50	PE	1996	15	1			0	1	48	2	45	2	2	1

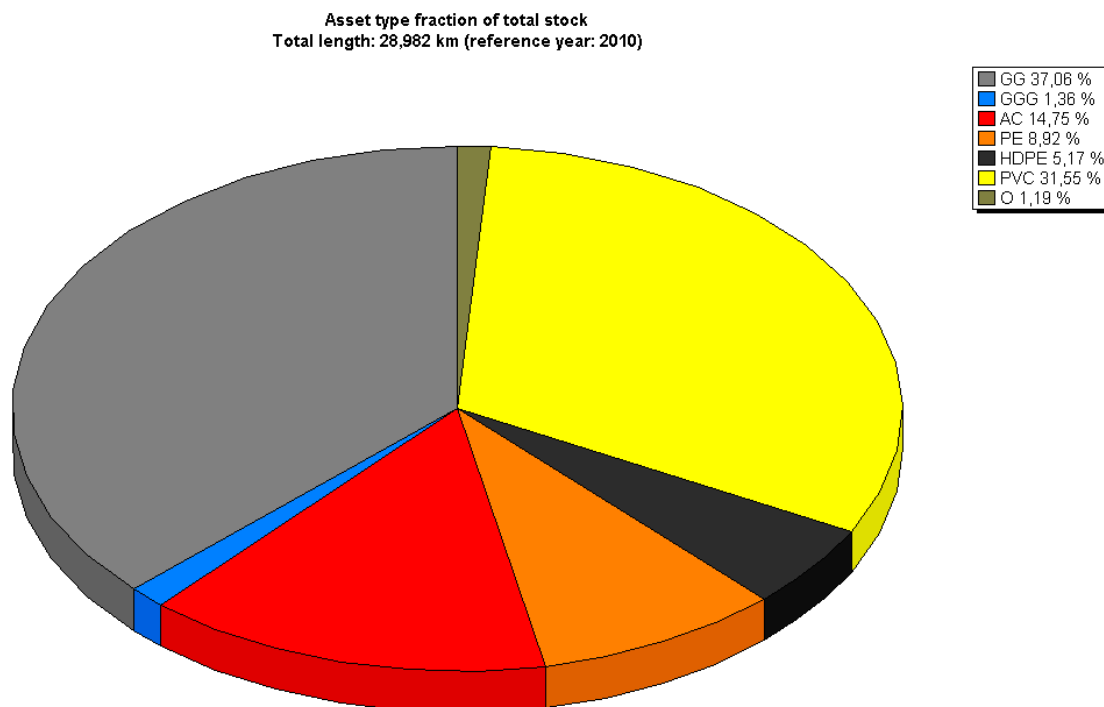
Název řadu	ID úseku	DN [mm]	Materiál	Rok uložení	Stáří [roky]	TU5 Stáří	TU6 Poruchovost				TU8 Tlakové poměry					Výsledné hodnocení
							počet poruch	L [km]	P [p/km/rok]	K 1-5	Hydrostatický tlak [m]	K 1-5	Hydrodynamický tlak [m]	K 1-5	K 1-5	
2-5-2	1091	80	PVC	1996	15	1			0	1	50	3	45	2	3	2
3	920	150	PVC	1986	25	2			0	1	59	3	53	3	3	2
3	921	100	PE	1985	26	1			0	1	59	3	53	3	3	2
4	939	100	AC	1974	37	3			0	1	58	3	45	2	3	2
4	924	100	PE	1983	28	1			0	1	62	4	53	3	4	2
4-1	927	100	PVC	1997	14	1			0	1	61	4	53	3	4	2
4-1	930	100	PVC	1997	14	1			0	1	62	4	53	3	4	2
4-1-1	928	100	PVC	1997	14	1			0	1	61	4	53	3	4	2
4-2	942	100	PVC	1985	26	2			0	1	55	3	45	2	3	2
5	937	100	PVC	1983	28	2	5	0,512	2,8	5	62	4	53	3	4	4
5	938	100	PVC	1983	28	2				5	53	3	45	2	3	3
5	1322	100	PVC	2007	4	1			0	1	43	1	35	1	1	1
5-1	1370	80	PVC	2006	5	1			0	1	43	1	35	1	1	1
6	899	150	LT	1968	43	2			0	1	58	3	45	2	3	2
6	946	150	PVC	1977	34	2	4	0,430	2,7	5	55	3	45	2	3	3
6	947	150	PVC	1977	34	2				5	53	3	45	2	3	3
6-1	952	150	PVC	1977	34	2			0	1	56	3	45	2	3	2
6-1	954	100	PVC	1977	34	2			0	1	56	3	45	2	3	2
6-1-1	956	100	AC	1978	33	3			0	1	58	3	45	2	3	2
6-2	951	80	PVC	1997	14	1			0	1	55	3	45	2	3	2
6-3	949	100	PVC	1977	34	2			0	1	53	3	45	2	3	2
7	892	150	LT	1968	43	2			0	1	59	3	45	2	3	2
7	897	150	LT	1968	43	2			0	1	55	3	45	2	3	2
7-1	958	100	PVC	1996	15	1			0	1	52	3	45	2	3	2
7-2	1383	100	PE	1980	31	2	1	0,041	6,9	5	53	3	45	2	3	3
7-3	961	100	LT	1974	37	1			0	1	61	4	45	2	3	2
7-3	963	100	PE	1980	31	2	3	0,157	5,5	5	58	3	45	2	3	3
7-3-1	968	100	PE	1980	31	2	1	0,044	6,5	5	55	3	45	2	3	3
7-3-2	970	100	PE	1980	31	2			0	1	58	3	45	2	3	2
7-3-3	973	100	PE	1980	31	2			0	1	60	4	45	2	3	2
7-3-4	974	100	PE	1980	31	2			0	1	58	3	45	2	3	2
8	890	150	AC	1974	37	3			0	1	59	3	45	2	3	2
8	912	150	LT	1974	37	1			0	1	61	4	45	2	3	2
8-1	910	40	PE	1988	23	1			0	1	58	3	45	2	3	2
8-2	976	100	LT	1974	37	1			0	1	59	3	45	2	3	2
8-3	975	100	LT	1974	37	1			0	1	61	4	45	2	3	2
9	901	150	LT	1968	43	2			0	1	44	1	35	1	1	1
9	1020	150	LT	1962	49	2			0	1	46	2	45	2	2	2
9-1	980	100	PE	1978	33	2			0	1	42	1	35	1	1	1
9-2	991	100	AC	1977	34	3			0	1	42	1	35	1	1	2
9-3	985	100	LT	2009	2	1	1	0,120	2,4	5	44	1	45	2	2	3
9-3-1	988	100	LT	2009	2	1			0	1	44	1	35	1	1	1
9-4	994	150	LT	1958	53	2	1	0,255	1,1	5	44	1	45	2	2	3

Název řadu	ID úseku	DN [mm]	Materiál	Rok uložení	Stáří [roky]	TU5 Stáří	TU6 Poruchovost				TU8 Tlakové poměry					Výsledné hodnocení
							počet poruch	L [km]	P [p/km/rok]	K 1-5	Hydrostatický tlak [m]	K 1-5	Hydrodynamický tlak [m]	K 1-5	K 1-5	
9-4-1	1379	100	LT	1957	54	2			0	1	46	2	45	2	2	2
9-5	1008	100	LT	1970	41	2			0	1	46	2	45	2	2	2
9-5	1010	100	AC	1970	41	4			0	1	46	2	45	2	2	2
9-5	1012	100	AC	1970	41	4			0	1	42	1	45	2	2	2
9-5-1	1042	100	HDPE	2004	7	1			0	1	45	2	45	2	2	1
9-5-1	1260	100	HDPE	2005	6	1			0	1	45	2	45	2	2	1
9-5-2	1031	80	LT	1932	79	3	1	0,326	0,9	5	45	2	45	2	2	3
9-5-3	1013	100	AC	1974	37	3			0	1	44	1	45	2	2	2
10	1003	100	AC	1975	36	3	1	0,351	0,8	5	44	1	45	2	2	3
10	1005	100	LT	1992	19	1			0	1	44	1	45	2	2	1
10-1	1017	100	AC	1975	36	3			0	1	44	1	45	2	2	2
10-1-1	1326	80	PVC	2007	4	1			0	1	42	1	45	2	2	1
10-2	981	100	PVC	2009	2	1	2	0,171	3,3	5	44	1	45	2	2	3
12	1047	100	AC	1971	40	4			0	1	48	2	45	2	2	2
12	1051	100	LT	1976	35	1	1	0,308	0,9	5	48	2	45	2	2	3
12-1	1060	100	PVC	1996	15	1			0	1	48	2	45	2	2	1
13	1068	100	LT	1976	35	1			0	1	48	2	45	2	2	1
14	1064	100	LT	1976	35	1			0	1	48	2	45	2	2	1
14-1	1069	100	PVC	2005	6	1			0	1	49	2	45	2	2	1
14-1-1	1074	100	PVC	2005	6	1			0	1	49	2	45	2	2	1
14-1-1	1372	80	PVC	2005	6	1			0	1	49	2	45	2	2	1
14-1-2	1428	80	PVC	2005	6	1			0	1	49	2	45	2	2	1
14-1-3	1432	80	PVC	2005	6	1			0	1	49	2	45	2	2	1
15	918	50	PE	1988	23	1			0	1	43	1	35	1	1	1

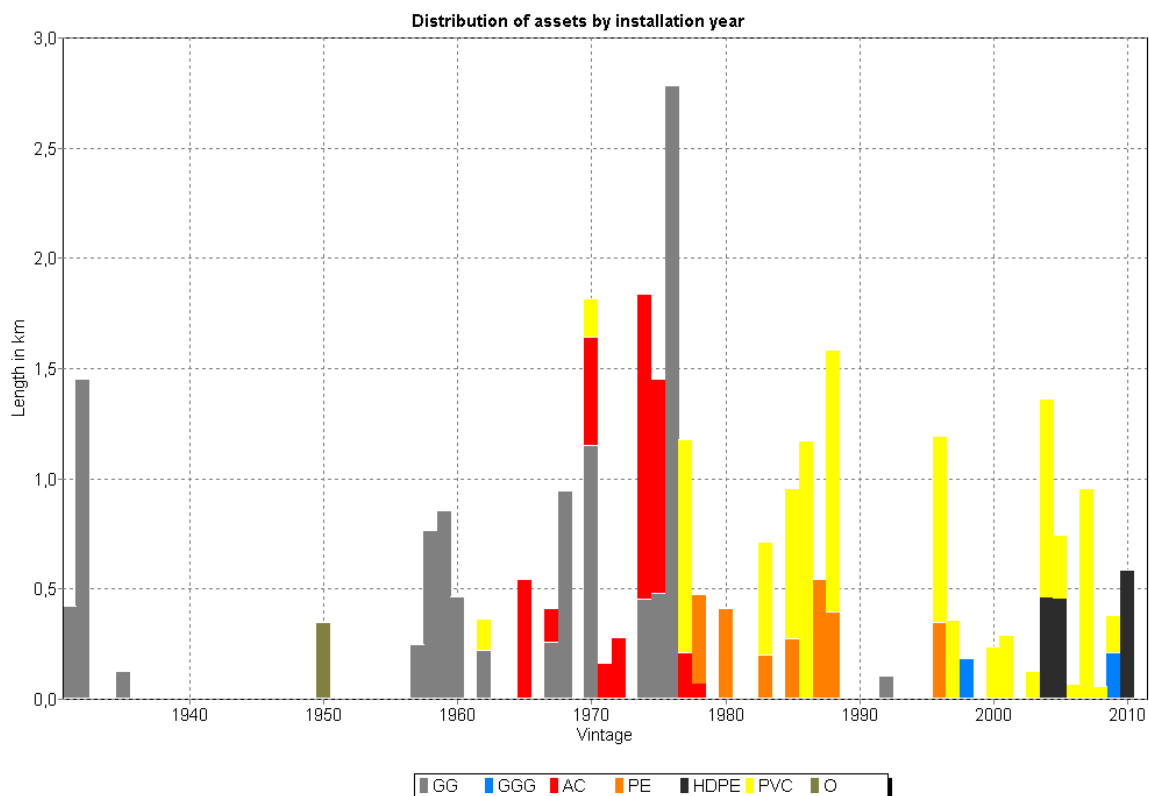
PŘÍLOHA A4: Výchozí stav vodovodní sítě Slavkova u Brna dle CARE-W LTP RSM



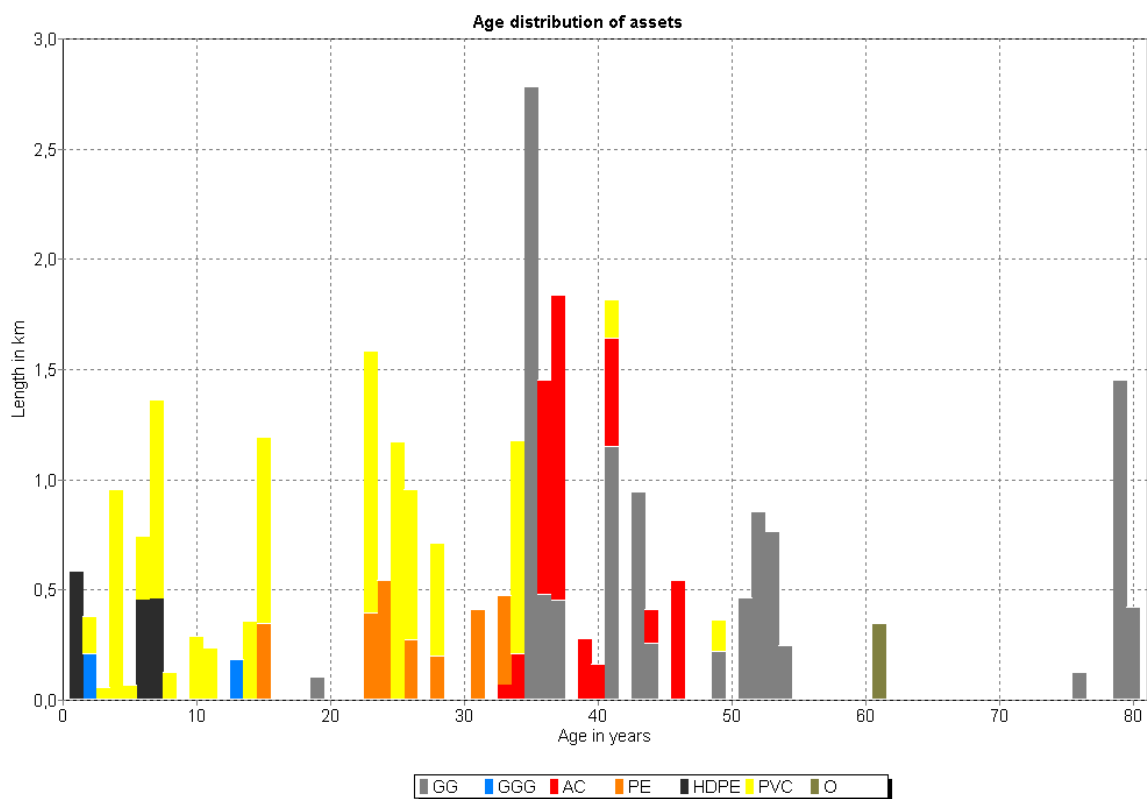
A4. 1 Délka trubního materiálu dle doby položení



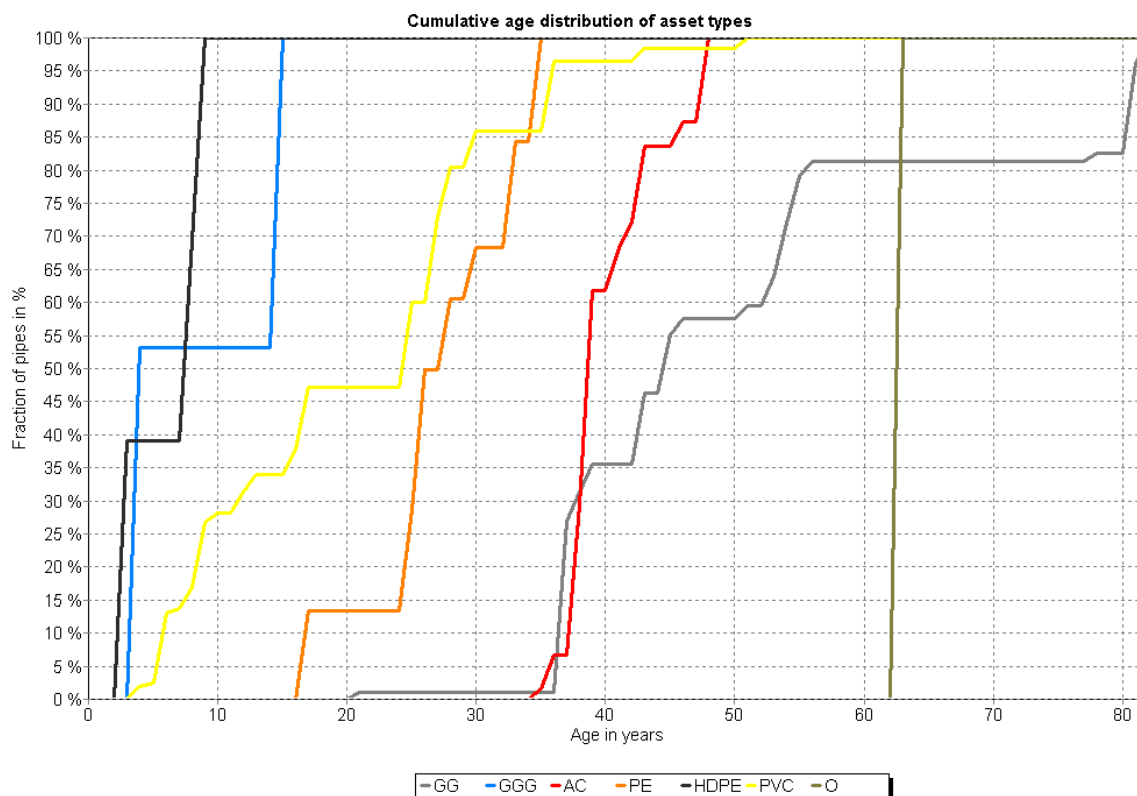
A4. 2 Procentuální podíl materiálu z celkové délky sítě



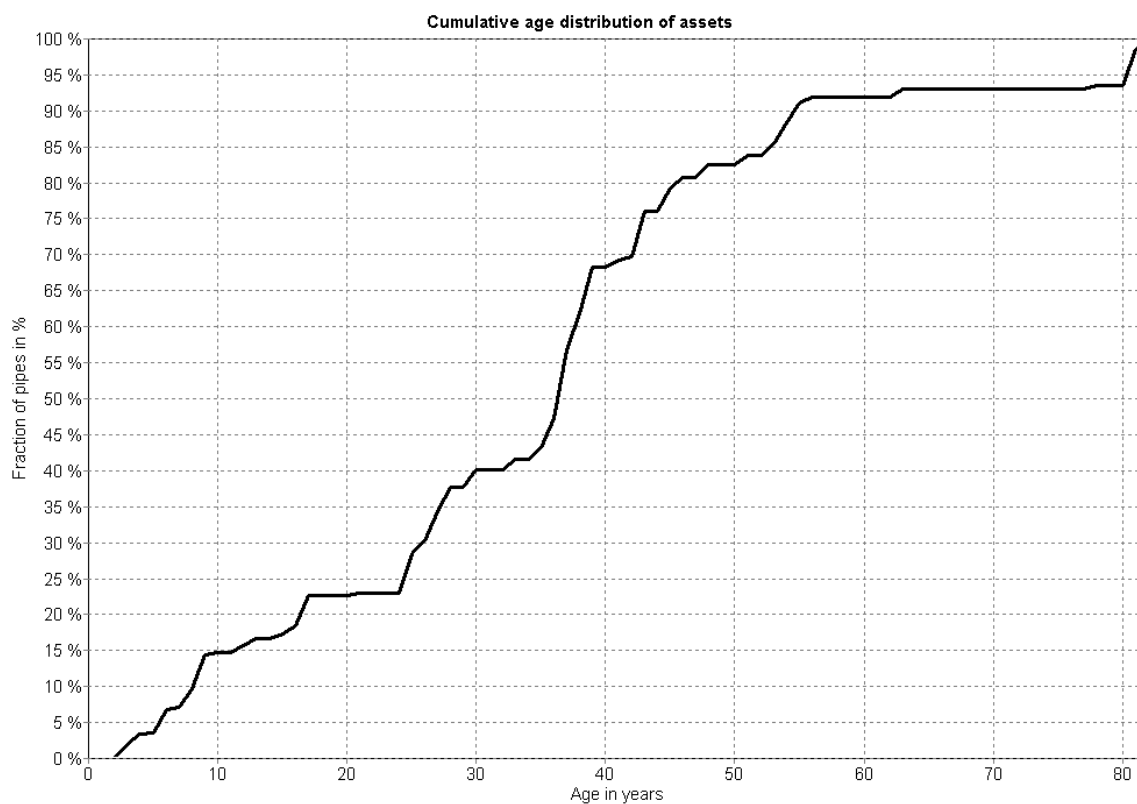
A4. 3 Délka potrubí podle doby položení



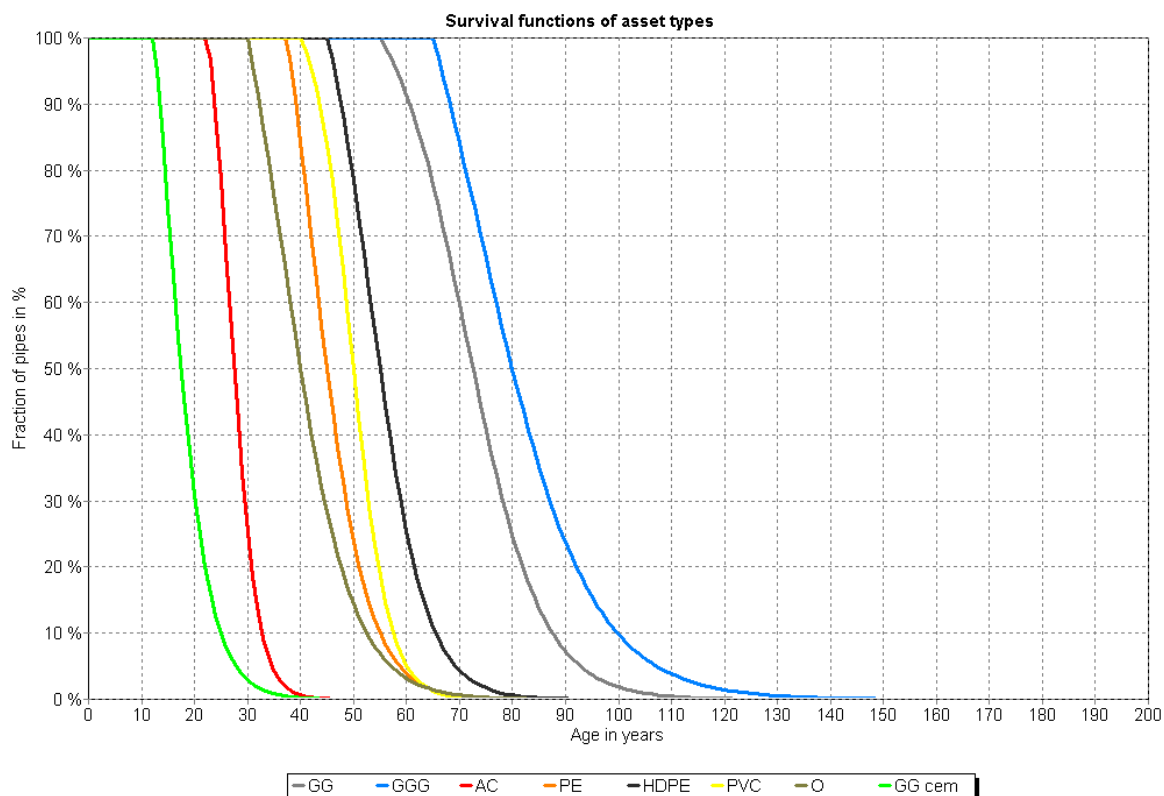
A4. 4 Rozdělení stáří potrubí podle typu



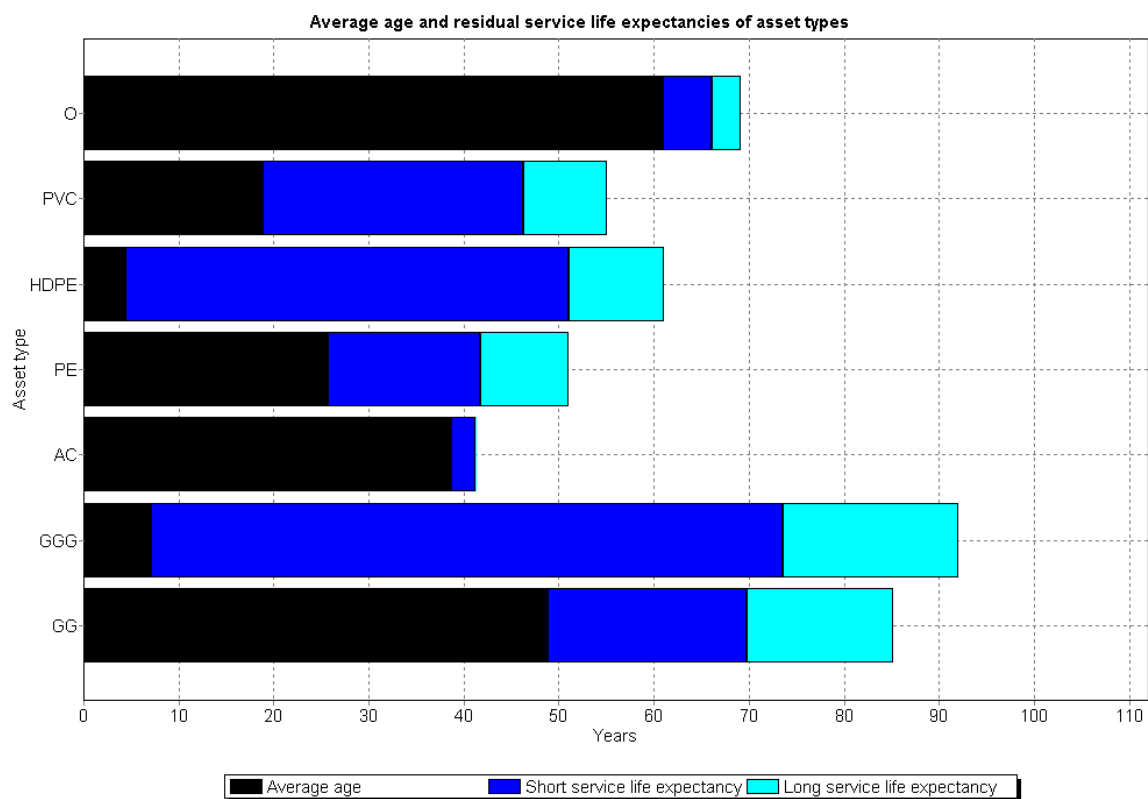
A4. 5 Celkové rozložení jednotlivých typů potrubí



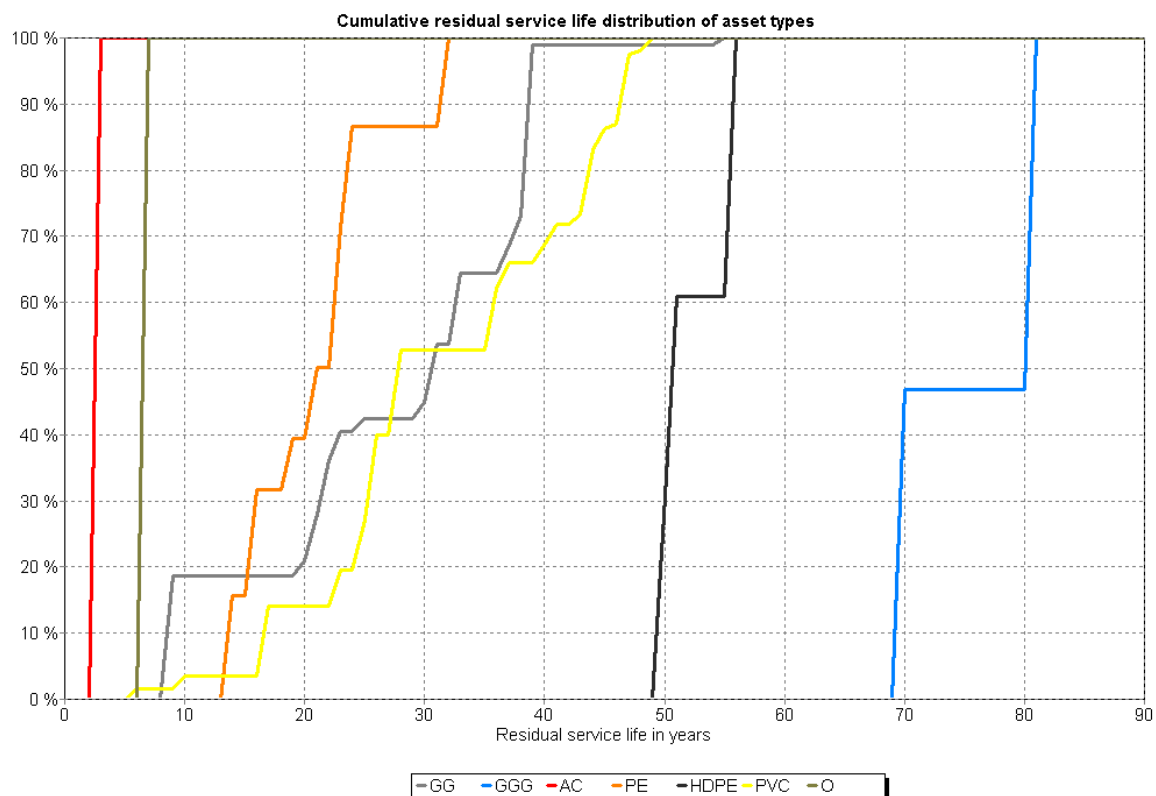
A4. 6 Výsledné rozložení stáří celé sítě



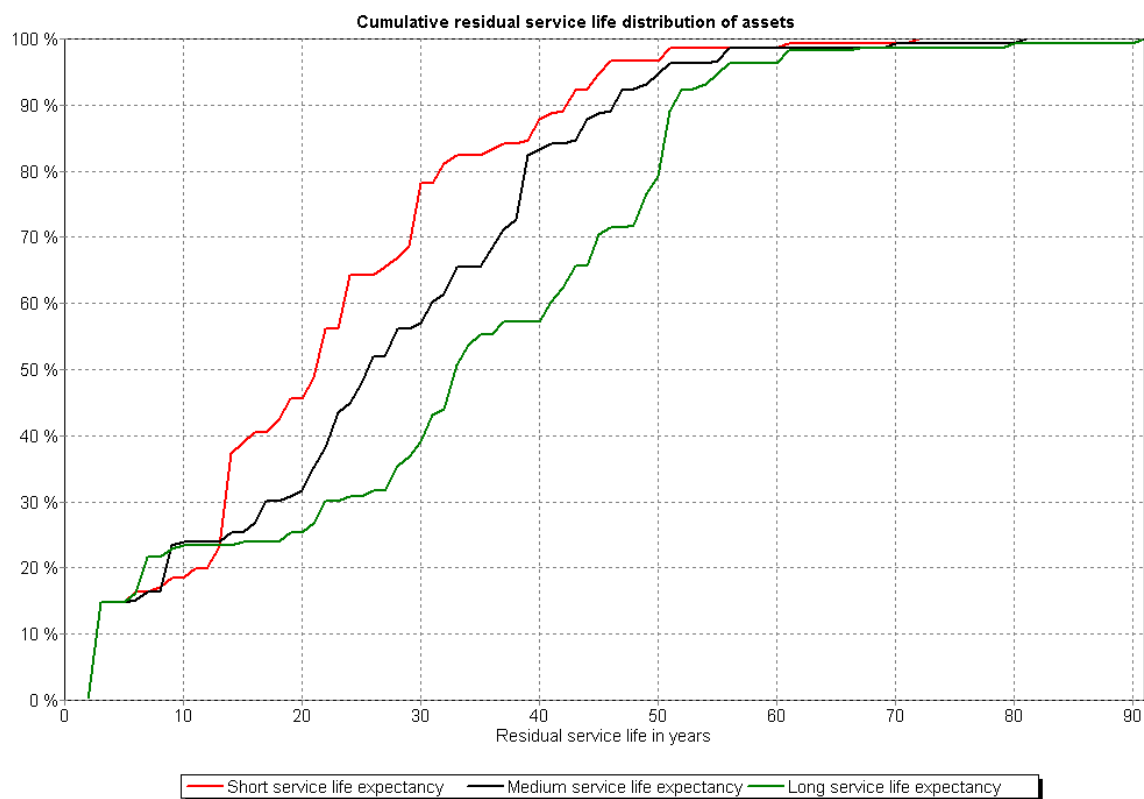
A4. 7 Funkce životnosti jednotlivých druhů materiálů



A4. 8 Průměrné stáří a průměrná zbytková doba životnosti



A4. 9 Výsledná zbytková životnost potrubí podle druhu materiálu



A4. 10 Výsledná zbytková životnost celé sítě při pesimistickém, středním a optimistickém odhadu životnosti

PŘÍLOHA A5: Délka obnovy vodovodní sítě dle materiálů

Tab. A5. 1 Předpověď potřeby obnovy sítě

Rok	Potřeba obnovy [km]							
	GG	GGG	AC	PE	HDPE	PVC	O	Σ
2012	0,22	0,00	1,66	0,00	0,00	0,03	0,05	1,96
2013	0,21	0,00	1,02	0,00	0,00	0,03	0,05	1,31
2014	0,21	0,00	0,62	0,00	0,00	0,03	0,04	0,90
2015	0,20	0,00	0,38	0,00	0,00	0,03	0,03	0,64
2016	0,19	0,00	0,23	0,03	0,00	0,03	0,03	0,50
2017	0,18	0,00	0,14	0,03	0,00	0,04	0,02	0,41
2018	0,17	0,00	0,09	0,05	0,00	0,04	0,02	0,38
2019	0,16	0,00	0,05	0,06	0,00	0,05	0,02	0,34
2020	0,16	0,00	0,03	0,06	0,00	0,05	0,01	0,31
2021	0,15	0,00	0,02	0,07	0,00	0,06	0,01	0,31
2022	0,15	0,00	0,01	0,07	0,00	0,07	0,01	0,31
2023	0,16	0,00	0,00	0,09	0,00	0,08	0,01	0,34
2024	0,16	0,00	0,00	0,09	0,00	0,09	0,01	0,34
2025	0,17	0,00	0,00	0,12	0,00	0,11	0,01	0,40
2026	0,17	0,00	0,00	0,14	0,00	0,14	0,00	0,45
2027	0,18	0,00	0,00	0,14	0,00	0,15	0,00	0,47

Tab. A5. 2 Alternativa 1 - výměna AC potrubí

Rok	Navržená délka obnovy [km]							
	GG	GGG	AC	PE	HDPE	PVC	O	Σ
2012	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
2013	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
2014	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
2015	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
2016	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
2017	0,20	0,00	0,00	0,09	0,00	0,09	0,12	0,50
2018	0,20	0,00	0,00	0,09	0,00	0,09	0,12	0,50
2019	0,20	0,00	0,00	0,09	0,00	0,09	0,11	0,49
2020	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2021	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2022	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2023	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2024	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2025	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2026	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50
2027	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50

Tab. A5. 3 Alternativa 2, Alternativa 3 a Alternativa 4

Rok	Navržená délka obnovy [km]							
	GG	GGG	AC	PE	HDPE	PVC	O	Σ
2012	0,20	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
2013	0,20	0,00	0,47	0,01	0,00	0,01	0,01	0,70
2014	0,20	0,00	0,44	0,02	0,00	0,02	0,02	0,69
2015	0,20	0,00	0,41	0,03	0,00	0,03	0,03	0,69
2016	0,20	0,00	0,38	0,04	0,00	0,04	0,03	0,68
2017	0,20	0,00	0,35	0,05	0,00	0,05	0,04	0,68
2018	0,20	0,00	0,32	0,06	0,00	0,06	0,05	0,68
2019	0,20	0,00	0,29	0,07	0,00	0,07	0,05	0,67
2020	0,20	0,00	0,25	0,08	0,00	0,08	0,06	0,67
2021	0,20	0,00	0,22	0,09	0,00	0,09	0,05	0,66
2022	0,20	0,00	0,19	0,10	0,00	0,10	0,00	0,64
2023	0,20	0,00	0,16	0,11	0,00	0,11	0,00	0,58
2024	0,20	0,00	0,13	0,12	0,00	0,12	0,00	0,57
2025	0,20	0,00	0,10	0,13	0,00	0,13	0,00	0,56
2026	0,20	0,00	0,07	0,14	0,00	0,14	0,00	0,55
2027	0,20	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,50

PŘÍLOHA A6: Doporučené hodnoty výpočtových součinitelů drsnosti potrubí, zdroj[21]

Materiál	Manning n [-]	Hazen-Williams C [-]	White-Colebrook		
			k_{min} [mm]	k_{stf} [mm]	k_{max} [mm]
PVC, PE, PP	0,008	150	0,001	0,01	
Sklolaminát	0,008	150	0,001	0,01	
Plastbeton	0,009	145	0,001	0,02	
Azbestocement	0,011	140	0,1	0,4	0,6
Kamenina, nová kvalitní	0,010	130		0,25	
Kamenina - výpočtová hodnota	0,012	125		0,4	
Kamenina, použitá	0,013	100	0,3		1,5
Ocel, bežešvá nová	0,010	140	0,015	0,05	0,09
Ocel, svařovaná nová	0,010	140	0,04		0,1
Ocel, s nátěrem nová	0,010	135	0,05	0,1	0,15
Ocel, použitá vyčištěná	0,011	130	0,15		0,4
Ocel, mírně zrezivělá, lehce inkrustovaná	0,012	120	0,25	0,4	1,0
Ocel, silně inkrustovaná	0,015	85	2	3	>4
Litina, nová s vstřílkou	0,010	135	0,1		0,3
Litina, nová bez vstřílky	0,011	125	0,15	0,3	0,6
Litina, zrezivělá, lehce inkrustovaná	0,013	110	1		1,5
Litina, silně inkrustovaná	0,015	85	2	3	>4
Potrubí s novou cementovou vstřílkou	0,010	125	0,05	0,2	0,8
Betonové trouby, kvalitní nízkoúhlový povrch	0,012	110	0,2		0,5
Betonové trouby, běžně po použití	0,013	95	0,5	1	1,5
Bet. tr., po dlouhé době provozu, hrubý povrch	0,015	85	1	3	>5
Beton, monolitický - ocelové bednění	0,010	130	0,06		0,018
Beton, monolitický - dřevěné bednění	0,012	110	0,4	0,15	0,6
Keramická vyzdívka	0,010	125	0,1	0,2	0,5